

10,081,096

Aug 26, 2004

Optical apparatus

Patent number: DE10059184
Publication date: 2001-08-23
Inventor: NISHIWAKI DAISUKE (JP); SHIMIZU KEIJI (JP);
KAWASAKI KENJI (JP)
Applicant: OLYMPUS OPTICAL CO (JP)
Classification:
- International: G02B21/06
- European: G02B21/06, G02B21/22
Application number: DE20001059184 20001129
Priority number(s): JP19990344786 19991203

Also published as:



US2001003490 (A1)
JP2001166214 (A)

Abstract not available for DE10059184

Abstract of correspondent: **US2001003490**

An optical apparatus minimizes autofluorescence and stray light as well as leakage of excitation light and efficiently utilizes illuminating light from a fluorescence illumination optical system to allow observation of a bright fluorescence image. An observation apparatus has an objective, an observation optical system unit including a variable magnification optical system, and an imaging optical system unit including an imaging lens and an eyepiece. A fluorescence illumination apparatus, which is provided separately, is removably attached to the observation apparatus. The fluorescence illumination apparatus has a light source, a collector lens unit, and a reflecting member placed between the objective and the observation optical system unit at a position displaced from the optical axis of the objective to make light from the light source incident on the objective. An excitation filter is provided between the light source and the reflecting member. An optical member for selectively transmitting fluorescent light emitted from a sample is placed between the objective and the observation optical system unit.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 59 184 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁷:
G 02 B 21/06

②1 Aktenzeichen: 100 59 184.1
②2 Anmeldetag: 29. 11. 2000
④3 Offenlegungstag: 23. 8. 2001

DE 100 59 184 A 1

③0 Unionspriorität:
P 11-344786 03. 12. 1999 JP
⑦1 Anmelder:
Olympus Optical Co., Ltd., Tokio/Tokyo, JP
⑦4 Vertreter:
Weickmann & Weickmann, 81679 München

⑦2 Erfinder:
Kawasaki, Kenji, Hachioji, Tokio/Tokyo, JP;
Nishiwaki, Daisuke, Hachioji, Tokio/Tokyo, JP;
Shimizu, Keiji, Hachioji, Tokio/Tokyo, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ⑤4 Optische Vorrichtung
⑤7 Eine optische Vorrichtung minimiert Autofluoreszenz und Streulicht ebenso wie eine Leakage von Anregungslicht und nutzt Beleuchtungslicht von einem Fluoreszenzbeleuchtungs-Optiksystem effizient, um eine Betrachtung eines hellen Fluoreszenzabbildes zu gestatten. Eine Betrachtungsvorrichtung besitzt ein Objektiv, eine Betrachtungs-Optiksystemeinheit, umfassend ein Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem, und eine Abbildungs-Optiksystemeinheit, umfassend eine abbildende Linse und ein Okular. Eine Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung, welche getrennt vorgesehen ist, ist abnehmbar an der Betrachtungsvorrichtung angebracht. Die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung besitzt eine Lichtquelle, eine Sammellinseneinheit und ein zwischen dem Objektiv und der Betrachtungs-Optiksystemeinheit an einer von der optischen Achse des Objektivs verlagerten Position angeordnetes reflektierendes Element, um Licht von der Lichtquelle auf das Objektiv einfallen zu lassen. Zwischen der Lichtquelle und dem reflektierenden Element ist ein Anregungsfilter vorgesehen. Zwischen dem Objektiv und der Betrachtungs-Optiksystemeinheit ist ein optisches Element zum selektiven Durchlassen von Fluoreszenzlicht, welches von einer Probe ausgesendet wird, angeordnet.

DE 100 59 184 A 1

Diese Anmeldung beansprucht den Vorzug der japanischen Anmeldung Nr. Hei 11-344786, in Japan am 03. Dezember 1999 eingereicht, deren Inhalte durch Bezugnahme einbezogen sind.

5

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Die vorliegende Erfindung betrifft optische Vorrichtungen und insbesondere optische Vorrichtungen zur Fluoreszenzbetrachtung einschließlich eines Fluoreszenzmikroskops sowie eines stereoskopischen Mikroskops, welches eine Fluoreszenzbetrachtung gestattet.

In den letzten Jahren wurde Fluoreszenzbetrachtung unter einem Fluoreszenzmikroskop und einem stereoskopischen Mikroskop nicht nur bei der Mikrobetrachtung, sondern ebenso bei der Makrobetrachtung bei geringer Vergrößerung weit verbreitet eingesetzt. Im besonderen weisen Fluoreszenzproteine, wie z. B. GFP (Green Fluorescence Protein = grünes Fluoreszenzprotein), CFP (Cyan Fluorescence Protein = Cyanfluoreszenzprotein) sowie YFP (Yellow Fluorescence Protein = gelbes Fluoreszenzprotein) im Vergleich zu herkömmlichen fluoreszierenden Farbstoffen Vorteile auf. D. h. derartige Fluoreszenzproteine zeigen eine vergleichsweise niedrige Giftigkeit gegenüber Zellen, klingen weniger stark ab und liefern eine hellere Fluoreszenz. Dementsprechend hat auch der Einsatz von Fluoreszenzproteinen auf dem Gebiet der Genforschung zugenommen.

Somit reichen die zu betrachtenden Objekte von Zellen bei einer Mikrobetrachtung bis zu Individuen, wie z. B. Fruchtfliegen und Mäusen, bei einer Makrobetrachtung. Aus diesem Grunde wurde eine Fluoreszenzbetrachtungsvorrichtung, umfassend nicht nur ein gewöhnliches Fluoreszenzmikroskop, sondern ebenso ein stereoskopisches Mikroskop, als eine Vorrichtung vorgeschlagen, welche Fluoreszenzbetrachtung gestattet.

Das stereoskopische Mikroskop ist ein Mikroskop, welches dadurch gekennzeichnet ist, dass es einen sehr großen Arbeitsabstand verglichen mit gewöhnlichen Mikroskopen aufweist und eine dreidimensionale Betrachtung gestattet.

Fig. 43 zeigt eine herkömmliche Fluoreszenzbetrachtungsvorrichtung, umfassend ein stereoskopisches Mikroskop. Erstens weist das Betrachtungs-Optiksystem des stereoskopischen Mikroskops ein austauschbares Objektiv 41 und zwei Veränderliche-Vergrößerung-Optiksysteme 42R und 42L auf, welche dem rechten bzw. dem linken Auge zugeordnet sind. Das Betrachtungs-Optiksystem weist weiterhin abbildende Linsen 43R und 43L und Okulare 44R und 44L auf. Ein Abbild einer Probe 47 wird durch das Objektiv 41 und die Veränderliche-Vergrößerung-Optiksysteme 42R und 42L vergrößert und das vergrößerte Abbild der Probe 47 wird durch die abbildenden Linsen 43R und 43L sowie die Okulare 44R und 44L betrachtet.

Das Objektiv 41 und jedes der Veränderliche-Vergrößerung-Optiksysteme 42R und 42L sind in der Form eines afokalen optischen Systems angeordnet. In ähnlicher Weise sind die Veränderliche-Vergrößerung-Optiksysteme 42R und 42L bzw. die abbildenden Linsen 43R und 43L in der Form eines afokalen optischen Systems angeordnet. Somit weist das Betrachtungs-Optiksystem eine ausgezeichnete Systemflexibilität auf.

Das Fluoreszenzbeleuchtungs-Optiksystem des stereoskopischen Mikroskops besitzt eine Lichtquelle 51, ein Beleuchtungslinsensystem 52, einen Anregungsfilter 53 und einen dichroitischen Spiegel 54L.

Licht von der Lichtquelle 51, welche eine Quecksilberdampflampe ist, wird zu dem Anregungsfilter 53 durch das Beleuchtungslinsensystem 52 hindurchgeführt. Von dem Licht von der Lichtquelle 51 wird lediglich Anregungslicht der zur Anregung der Probe 47 benötigten Wellenlänge selektiv durch den Anregungsfilter 53 übertragen. Vom Anregungsfilter 53 ausgehendes Anregungslicht wird zum Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem 42L durch den dichroitischen Spiegel 54L reflektiert und der Probe 47 durch das Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem 42L und das Objektiv 41 hindurch zugeführt.

An der Probe 47 wird Fluoreszenzlicht von Abschnitten der Probe 47, welche mit einer fluoreszierenden Färbung gefärbt sind, durch Beleuchtung mit dem Anregungslicht erzeugt. Das Fluoreszenzlicht von der Probe 47 wird durch das Objektiv 41 gesammelt und zu einem rechten optischen Betrachtungsweg R für ein rechtes Auge des Betrachters und ebenso zu einem linken optischen Betrachtungsweg L für ein linkes Auge des Betrachters geleitet. Zu dem linken optischen Betrachtungsweg L geleitetes Fluoreszenzlicht tritt durch das Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem 42L und den dichroitischen Spiegel 54L hindurch und erreicht einen Absorptionsfilter 55L. Der Absorptionsfilter 55L überträgt lediglich Fluoreszenzlicht einer spezifischen Wellenlänge, welche gemäß dessen Spektraleigenschaften ausgewählt ist. Das Fluoreszenzlicht der spezifischen Wellenlänge wird durch die abbildende Linse 43L abgebildet und als ein Fluoreszenzabbild durch das Okular 44L betrachtet. Zu dem rechten optischen Betrachtungsweg R geleitetes Fluoreszenzlicht tritt durch das Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem 42R und einen dichroitischen Spiegel 54R hindurch und erreicht einen Absorptionsfilter 55R. Durch den Absorptionsfilter 55R hindurchtretendes Fluoreszenzlicht, wie im Falle des durch den Absorptionsfilter 55L hindurchtretenden Fluoreszenzlichts, wird durch die abbildende Linse 43R abgebildet und als ein Fluoreszenzabbild durch das Okular 44R hindurch betrachtet.

Die Anordnung eines gewöhnlichen Fluoreszenzmikroskops ist in Fig. 44 gezeigt. Das Fluoreszenzbeleuchtungs-Optiksystem des gewöhnlichen Fluoreszenzmikroskops besitzt eine Lichtquelle 51, ein Beleuchtungslinsensystem 52, einen Anregungsfilter 53, einen dichroitischen Spiegel 54 und einen Absorptionsfilter 55. Licht von der Lichtquelle 51, welche eine Quecksilberdampflampe ist, wird zum Anregungsfilter 53 durch das Beleuchtungslinsensystem 52 hindurchgeleitet. Von dem Licht von der Lichtquelle 51 wird lediglich Anregungslicht einer zur Anregung einer Probe 47 benötigten Wellenlänge durch den Anregungsfilter 53 selektiv übertragen. Von dem Anregungsfilter 53 ausgehendes Anregungslicht wird durch den dichroitischen Spiegel 54 reflektiert und zur Probe 47 durch ein Objektiv 41 zugeführt. Fluoreszenzlicht von der Probe 47 wird durch das Objektiv 41 gesammelt und tritt durch den dichroitischen Spiegel 54 hindurch, um den Absorptionsfilter 55 zu erreichen. Der Absorptionsfilter 55 überträgt lediglich Fluoreszenzlicht einer spezifischen Wellenlänge, welche gemäß dessen Spektraleigenschaften ausgewählt ist. Das Fluoreszenzlicht spezifischer Wellenlänge wird durch eine abbildende Linse 43 hindurch abgebildet und als ein Fluoreszenzabbild durch ein Okular 44 hindurch betrachtet. Das in Fig. 43 gezeigte Fluoreszenzbeleuchtungs-Optiksystem projiziert ein Abbild der Lichtquelle 51 in die

Nähe der Pupillenposition des Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem 42L und gestattet, dass der Beleuchtungsbereich und der Betrachtungsbereich unabhängig von einer während der Betrachtung durchgeführten Veränderung der Vergrößerung und weiterhin unabhängig von einem Austausch des Objektivs 41 durch ein anderes Objektiv miteinander übereinstimmen. Aus diesem Grunde weist das Fluoreszenzbeleuchtungs-Optiksystem eine ausgezeichnete Betriebsfähigkeit auf.

In ähnlicher Weise projiziert das in Fig. 44 gezeigte Fluoreszenzbeleuchtungs-Optiksystem ein Abbild der Lichtquelle 51 in die Nähe der Pupillenstellung des Objektivs 41 und ist somit in der Lage, den Beleuchtungsbereich und den Betrachtungsbereich unabhängig vom Austausch des Objektivs 41 durch ein anderes Objektiv miteinander in Übereinstimmung zu bringen.

Fig. 45 zeigt eine Anordnung, bei welcher ein optischer Betrachtungsweg nicht auch als ein optischer Beleuchtungsweg verwendet wird, anders als das in Fig. 43 gezeigte Beleuchtungsverfahren. Das in Fig. 45 gezeigte Fluoreszenzbeleuchtungs-Optiksystem besitzt eine Lichtquelle 51, ein Sammellinsensystem 58, eine Lichtleitungsfaser 59, einen Anregungsfilter 53 und ein Beleuchtungslinsensystem 57, welches in der Lage ist, den Beleuchtungsbereich zu verändern. Anregungslicht von der Lichtquelle 51 wird durch das Sammellinsensystem 58 gesammelt und zu einer Eingangsfläche 59a der Lichtleitungsfaser 59 geleitet. Aus einer Ausgangsfläche 59b der Lichtleitungsfaser 59 austretendes Licht tritt durch das Beleuchtungslinsensystem 57 hindurch, welches in der Lage ist, den Beleuchtungsbereich zu verändern, und tritt weiterhin durch den Anregungsfilter 53, wodurch lediglich Licht in einem spezifischen Wellenlängenbereich ausgewählt und einer Probe 47 zugeführt wird. Fluoreszenzlicht von der Probe 47 wird durch ein Objektiv 41, Veränderliche-Vergrößerung-Optiksysteme 42R und 42L, Absorptionsfilter 55R und 55L, abbildende Linsen 43R und 43L sowie Okulare 44R und 44L wie im Falle von Fig. 43 betrachtet.

Fig. 46 zeigt die Anordnung einer in der WO 99/13370 vorgeschlagenen Vorrichtung, bei welcher ein Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem in einem Betrachtungs-Optiksystem und einem Beleuchtungs-Optiksystem voneinander getrennt sind.

Wie in Teil (a) von Fig. 46 gezeigt ist, besitzt die Vorrichtung ein Objektiv 41 sowie Betrachtungs-Optiksysteme 42L und 42R, welche dem linken bzw. rechten Auge des Betrachters zugeordnet sind, und welche in einer Betrachtungs-Optiksystemeinheit 42 vorgesehen sind. Die Vorrichtung weist weiterhin abbildende Linsen 43L und 43R sowie Okulare 44L und 44R auf.

Ein Absorptionsfilter 50 ist zwischen dem Betrachtungs-Optiksystem 42L und der abbildenden Linse 43L angeordnet. Ein weiterer Absorptionsfilter 50 ist zwischen dem Betrachtungs-Optiksystem 42R und der abbildenden Linse 43R angeordnet. Bei einem Fluoreszenzbeleuchtungs-Optiksystem 45, wie es in Teil (b) von Fig. 46 gezeigt ist, wird Licht von einer Lichtquelle 46 gesammelt und durch einen Anregungsfilter 48 hindurchgeleitet. Dann strahlt Anregungslicht über ein Ablenkungselement 49 und tritt durch eine Fluoreszenzbeleuchtungslinseneinheit 42F hindurch, welche in der Betrachtungs-Optiksystemeinheit 42 gesondert von den Betrachtungs-Optiksystemen 42L und 42R vorgesehen ist. Dann beleuchtet das Anregungslicht eine Probe 47 durch das Objektiv 41. Fluoreszenzlicht von der Probe 47 tritt durch Objektiv 41 und weiter durch die Betrachtungs-Optiksysteme 42L und 42R und die Absorptionsfilter 50 hindurch und wird durch die Okulare 44L und 44R betrachtet.

Wenn die Vergrößerung für eine Betrachtung durch einen Vergrößerungsänderungsvorgang der Betrachtungs-Optiksysteme 42L und 42R in der Betrachtungs-Optiksystemeinheit 42 verändert wird, bewegen sich Linsenelemente in der Fluoreszenzbeleuchtungslinseneinheit 42F in Zuordnung zum Vergrößerungsänderungsvorgang der Betrachtungs-Optiksysteme 42L und 42R, um den Betrachtungsbereich und den Beleuchtungsbereich miteinander übereinstimmend zu machen. Es sollte angemerkt werden, dass Teil (c) von Fig. 46 eine Draufsicht ist, welche die Betrachtungs-Optiksysteme 42L und 42R und die Fluoreszenzbeleuchtungslinseneinheit 42F zeigt.

Bei einer Fluoreszenzbetrachtung werden helle und sehr kontrastreiche Fluoreszenzabbildungen gefordert.

Da Fluoreszenzlicht verglichen mit Licht bei gewöhnlicher Reflexionslichtbetrachtung oder Transmissionslichtbetrachtung eine sehr schwache Intensität aufweist, ist es sehr wichtig zu gestatten, dass ein Fluoreszenzabbild einer Probe mit großer Helligkeit und hohem Kontrast nicht nur durch eine Fluoreszenzbetrachtung gestattende stereoskopische Mikroskope, sondern ebenso durch verschiedene für Fluoreszenzbetrachtung verwendete Mikroskope hindurch betrachtet wird.

Als Faktoren beim Bereitstellen heller Fluoreszenzabbildungen wird beispielsweise gefordert, dass das Objektiv und andere zugeordnete optische Systeme eine hohe numerische Apertur haben und eine hohe Transmittanz vom ultravioletten Bereich bis zum sichtbaren Bereich vorweisen sollten, und dass der Beleuchtungswirkungsgrad erhöht sein sollte.

Einer der Gründe der Kontrastverringerung des Fluoreszenzabbildes ist Autofluoreszenz, d. h. durch Anregungslicht von einem optischen Element, z. B. Glas, erzeugtes Fluoreszenzlicht. Obwohl zur Bildung eines Objektivs für Fluoreszenzbetrachtung ein glasartiges Material ausgewählt wird, welches ein Minimum an Autofluoreszenz erzeugt, erzeugt insbesondere ein Glasmaterial von hoher Dispersion und einem hohen Brechungsindex, welches als ein Material einer negativen Linse verwendet wird, einen hohen Grad an Autofluoreszenz und besitzt eine geringe Transmittanz im ultravioletten Bereich. Deshalb besteht eine Einschränkung bei der Wahl glasartiger Materialien und es ist hinsichtlich der optischen Konstruktion schwierig, eine Aberration des Objektivs und anderer optischer Systeme zur Fluoreszenzbetrachtung in günstiger Art und Weise zu korrigieren.

Dementsprechend liefert das in Fig. 43 gezeigte stereoskopische Mikroskop ein ungünstig dunkles Fluoreszenzabbild während einer Fluoreszenzbetrachtung, da die numerische Apertur im Vergleich zu dem gewöhnlichen Fluoreszenzmikroskop niedrig ist, obwohl das stereoskopische Mikroskop die vorteilhaften Merkmale aufweist, dass es eine dreidimensionale Betrachtung gestattet und einen langen Arbeitsabstand besitzt, wodurch es eine ausgezeichnete Betriebsfähigkeit bereitstellt. Darüber hinaus, da das Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem 42L und das Objektiv 41 in dem optischen Weg angeordnet sind, durch welchen Anregungslicht hindurchtritt, wie in Fig. 43 gezeigt ist, tritt von dem Glas Autofluoreszenz auf, was verursacht, dass der Kontrast des Fluoreszenzabbildes ungünstigerweise verringert wird. Weiterhin ist der Grad an in dem optischen Weg auftretender Autofluoreszenz im Vergleich zu dem Objektiv des gewöhnlichen Fluoreszenzmikroskops sehr hoch, da Anregungslicht durch einen langen optischen Weg aus Glas hindurchtritt. Zusätz-

lich ist das mit dem stereoskopischen Mikroskop erhaltene Fluoreszenzabbild dunkler als im Falle des gewöhnlichen Fluoreszenzmikroskops, wie oben angemerkt, da die numerische Apertur niedrig ist. Darüber hinaus ist die Transmittanz in ultravioletten Bereich niedrig. Somit wird der Kontrast des Fluoreszenzabbildes geringer als im Falle des gewöhnlichen Fluoreszenzmikroskops.

5 Es ist daher wesentlich, eine Autofluoreszenz zu minimieren, um das Fluoreszenzabbild mit hohem Kontrast zu betrachten. Fig. 45 und 46 zeigen bisher vorgeschlagene Anordnungen, um die oben beschriebenen Probleme zu lösen.

In dem in Fig. 45 gezeigten Fluoreszenzbeleuchtungs-Optiksystem tritt in dem Betrachtungs-Optiksystem keine Autofluoreszenz auf, da Anregungslicht nicht durch den optischen Betrachtungsweg hindurchtritt. Dementsprechend kann ein Fluoreszenzabbild mit hohem Kontrast erhalten werden.

10 Da jedoch der Beleuchtungsbereich des Fluoreszenzbeleuchtungs-Optiksystems sich nicht in Zuordnung zu der Veränderung des Betrachtungsbereichs verändert, welcher durch den Vergrößerungsänderungsvorgang des Betrachtungs-Optiksystems hervorgerufen wird, ist die Betriebsfähigkeit sehr schlecht. Darüber hinaus ist der Anregungslicht-Beleuchtungswirkungsgrad niedrig, da eine Lichtleitfaser in dem Beleuchtungs-Optiksystem verwendet wird. Dementsprechend ist das Fluoreszenzabbild für eine Betrachtung ungünstig dunkel.

15 Darüber hinaus ist es notwendig, jeden der Erreger- und Absorptionsfilter einzeln zu wechseln, um eine Fluoreszenzbetrachtung mit unterschiedlichen Anregungslichtwellenlängen durchzuführen. Dementsprechend ist die Betriebsfähigkeit nicht gut.

Das in Fig. 46 gezeigte Fluoreszenzbeleuchtungs-Optiksystem weist die Betrachtungs-Optiksysteme 42L und 42R in der Betrachtungs-Optiksystemeinheit 42 auf, gemeinsam mit der Fluoreszenzbeleuchtungslinseneinheit 42F für die abschließliche Verwendung des Fluoreszenzbeleuchtungs-Optiksystems. Dementsprechend tritt Anregungslicht nicht direkt durch die Betrachtungs-Optiksysteme 42L und 42R und Autofluoreszenz tritt nicht auf. Da jedoch durch die Fluoreszenzbeleuchtungslinseneinheit 42F hindurchtretendes Anregungslicht in das Objektiv 41 fällt, tritt Autofluoreszenz in dem Objektiv 41 auf. Wenn das Objektiv 41 durch Verwendung eines glasartigen Werkstoffs gebildet ist, welcher eine minimale Autofluoreszenz erzeugt, um die vom Objektiv 41 erzeugte Autofluoreszenz zu minimieren, wird es unmöglich, die geforderte optische Leistung, einschließlich einer Korrekturleistung für eine chromatische Aberration, im Vergleich zu der optischen Leistung herkömmlicher Objektive beizubehalten, wie oben angemerkt ist.

In einem Fall, in welchem das Auftreten von Autofluoreszenz im Objektiv 41 nicht unterdrückt werden kann, überlappen einander ein Bereich in dem Objektiv 41, durch welchen das Anregungslicht hindurchtritt und einen Bereich in dem Objektiv 41, durch welchen Fluoreszenzlicht von der Probe 47 hindurchtritt, wenn es zu den Betrachtungs-Optiksystemen 42L und 42R geleitet wird, an einem bestimmten Bereich im Betrachtungsbereich. Somit wird Autofluoreszenzlicht von dem Objektiv 41 dem Fluoreszenzabbild in diesem Bereich überlagert. Als Folge wird der Kontrast des Betrachtungsabbilds teilweise verschlechtert. Was diese Erscheinung angeht, so verändert sich der Bereich, in welchem Autofluoreszenzlicht dem Fluoreszenzabbild überlagert wird, entsprechend der Vergrößerung der Veränderliche-Vergrößerungs-Optiksysteme in den Betrachtungs-Optiksystemen 42L und 42R. Normalerweise, wenn das Zoom-Verhältnis der Veränderliche-Vergrößerungs-Optiksysteme niedrig ist, wird Autofluoreszenzlicht dem Betrachtungsbereich teilweise überlagert. Wenn das Zoom-Verhältnis zunimmt, wird Autofluoreszenzlicht vom Objektiv 41 dem gesamten Betrachtungsbereich überlagert.

Darüber hinaus ist es vorstellbar, dass dann, wenn Anregungslicht durch die Fluoreszenzbeleuchtungslinseneinheit 42F in der Betrachtungs-Optiksystemeinheit 42 hindurchtritt, von den Linsenoberflächen in der Fluoreszenzbeleuchtungslinseneinheit 42F reflektiertes Anregungslicht in die Betrachtungs-Optiksysteme 42L und 42R in der Form von Streulicht oder Leckagelicht einfallen kann. In einem derartigen Fall, falls das Anregungslicht verursacht, dass Autofluoreszenz von den Linsen in den Betrachtungs-Optiksystemen 42L und 42R und den Absorptionsfiltern 50 auftritt, ist es unmöglich, eine Fluoreszenzbetrachtung mit hohem Kontrast durchzuführen.

Darüber hinaus ist die Betrachtungs-Optiksystemeinheit 42 derart strukturiert, dass sie sich in Zuordnung zur Bewegung der Linseneinheiten der Betrachtungs-Optiksysteme 42L und 42R in der Betrachtungs-Optiksystemeinheit 42 zur Veränderung der Vergrößerung bewegt, um den Beleuchtungsbereich und den Betrachtungsbereich miteinander in Übereinstimmung zu bringen. Daher ist es schwierig, die Fluoreszenzbeleuchtungslinseneinheit 42F teilweise abzuschirmen, um zu verhindern, dass Anregungslicht in die Betrachtungs-Optiksysteme 42L und 42R als Streulicht oder Leckagelicht eintritt.

50 Darüber hinaus kann die Fluoreszenzbetrachtungsvorrichtung mit der Betrachtungs-Optiksystemeinheit 42 nicht in ein stereoskopisches Mikroskop eingebaut werden, welches bisher benutzt wurde; es wird als ein stereoskopisches Spezialzweck-Fluoreszenzmikroskop verwendet. Deshalb kann die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung nicht in Kombination mit einem stereoskopischen Mikroskop verwendet werden, welches bisher verwendet wurde. Dementsprechend weist die Vorrichtung eine geringe Kompatibilität und Systemflexibilität auf.

55 Gelegentlich wurden verschiedene chirurgische Mikroskope vorgeschlagen, bei welchen ein Betrachtungs-Optiksystem und ein Beleuchtungs-Optiksystem voneinander getrennt sind, obwohl sie keine stereoskopischen Mikroskope sind, welche eine Fluoreszenzbetrachtung gestatten. Fig. 47 zeigt ein Beispiel der Anordnung eines in der japanischen Patentanmeldung, Veröffentlichungsnummer nach Prüfung Hei 7-57226 offenbartes chirurgisches Mikroskop.

Ein betroffener Teil 60, welcher einer chirurgischen Operation unterzogen werden soll, wird durch ein Betrachtungs-Optiksystem mit einem Objektiv 61, einem Veränderliche-Vergrößerungs-Optiksystem 62 zur Betrachtung, einem Strahlungsteiler 63, einem Betrachtungsprisma 64 und einem Okular 65 betrachtet. Der Strahlungsteiler 63 wird verwendet, um einen optischen Fotografiweg vom optischen Betrachtungsweg abzuzweigen. Folglich wird der optische Weg zu einem Fotografie-Optiksystem (nicht dargestellt) abgezweigt, welches eine optische Achse in einer zur Ebene der Figur orthogonalen Richtung aufweist. Ein Betrachtungs-Beleuchtungs-Optiksystem, welches den betroffenen Teil 60 beleuchtet, weist eine Lichtquellenlampe 66, ein erstes Relaislinsensystem 67, ein Beleuchtungs-Veränderliche-Vergrößerungs-Optiksystem 69 zur, ein Beleuchtungsprisma 70 und das Objektiv 61 auf Licht von der Lichtquellenlampe 66 beleuchtet den betroffenen Teil 60 durch das Betrachtungs-Beleuchtungs-Optiksystem hindurch. Ein Fotografie-Beleuchtungs-Optiksystem weist eine Xenon (Xe)-Blitzlampe 71, ein zweites Relaislinsensystem 72, einen halbdurchlässigen reflektie-

renden Spiegel 68, das Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem 69, das Beleuchtungsprisma 70 und das Objektiv 61 auf. Der halbdurchlässige reflektierende Spiegel 68 ist in der Lage, in das Betrachtungs-Beleuchtungs-Optiksystem eingefügt und aus diesem zurückgezogen zu werden. Um Fotografien zu machen, wird der halbdurchlässige reflektierende Spiegel 68 zu einer durch die gestrichelten Linien gezeigten Position 68' durch z. B. einen Drehsolenoid (nicht gezeigt) angehoben. Folglich beleuchtet Licht von der Xe-Blitzlampe 71 den betroffenen Teil 60 durch das Fotografie-Beleuchtungs-Optiksystem hindurch.

Das oben beschriebene chirurgische Mikroskop weist die Merkmale auf, dass, da der Abstand zu dem einer chirurgischen Operation zu unterziehenden betroffenen Teil lang ist, der Arbeitsabstand im Vergleich zu den stereoskopischen Mikroskopen lang und die Fokustiefe tief ist und weiterhin das Zoom-Verhältnis des Betrachtungs-Optiksystems um einen Faktor von etwa 10 kleiner ist als das der stereoskopischen Mikroskope. Das chirurgische Mikroskop ist für eine Fluoreszenzbetrachtung ungeeignet und unterscheidet sich von dem stereoskopischen Mikroskop, welches Fluoreszenzbetrachtung gestattet, in der Gebrauchsanwendung und ebenso in der vom Betrachtungs-Optiksystem und dem Beleuchtungs-Optiksystem geforderten Leistung.

ABRISS DER ERFINDUNG

Die vorliegende Erfindung wurde im Hinblick auf die oben beschriebenen Umstände des Standes der Technik gemacht. Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Fluoreszenzbetrachtungs-Optikvorrichtung bereitzustellen, welche ein Fluoreszenzmikroskop und ein eine Fluoreszenzbetrachtung gestattendes stereoskopisches Mikroskop umfasst. Die Fluoreszenzbetrachtungs-Optikvorrichtung ist ausgelegt, Autofluoreszenz zu minimieren, welche von Glas in einem Betrachtungs-Optiksystem durch Anregungslicht von einem Fluoreszenzbeleuchtungs-Optiksystem erzeugt wird, und zu verhindern, dass Anregungslicht als Streulicht oder Leckagelicht in das Betrachtungs-Optiksystem fällt, wodurch eine Betrachtung mit hohem Kontrast ermöglicht wird. Weiterhin wird Beleuchtungslicht von dem Fluoreszenzbeleuchtungs-Optiksystem effizient verwendet, um eine Betrachtung eines hellen Fluoreszenzabbildes zu gestatten. Darüber hinaus weist die Fluoreszenzbetrachtungs-Optikvorrichtung eine ausgezeichnete Betriebsfähigkeit und Systemflexibilität auf.

Um die oben beschriebene Aufgabe zu erfüllen, stellt die vorliegende Erfindung eine erste optische Vorrichtung bereit, umfassend eine Betrachtungsvorrichtung und eine abnehmbar an der Betrachtungsvorrichtung angebrachte Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung. Die Betrachtungsvorrichtung besitzt ein Objektiv, eine Betrachtungs-Optiksystemeinheit, umfassend ein Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem, sowie eine Abbildungs-Optiksystemeinheit, umfassend eine abbildende Linse und ein Okular.

Die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung besitzt eine Lichtquelle und ein zwischen dem Objektiv und der Betrachtungs-Optiksystemeinheit an einer von der optischen Achse des Objektivs verlagerten Position angeordnetes reflektierendes Element, um Licht von der Lichtquelle auf das Objektiv einfallen zu lassen. Die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung weist ferner ein zwischen der Lichtquelle und dem reflektierenden Element angeordnetes Beleuchtungs-Optiksystem auf, um Beleuchtungslicht von der Lichtquelle zu dem reflektierenden Element zu leiten.

Ein erstes Wellenlängenauswahlelement zum selektiven Durchlassen von Licht in einem spezifischen Wellenlängenbereich im Beleuchtungslicht ist zwischen der Lichtquelle und dem reflektierenden Element angeordnet. Ein zweites Wellenlängenauswahlelement zum selektiven Durchlassen von Licht in dem Wellenlängenbereich von von einer Probe ausgesandtem Fluoreszenzlicht ist zwischen dem Objektiv und der Abbildungs-Optiksystemeinheit angeordnet.

Zusätzlich stellt die vorliegende Erfindung eine zweite optische Vorrichtung mit einer Struktur, welche der der ersten optischen Vorrichtung ähnlich ist, bereit. Bei der zweiten optischen Vorrichtung ist das zweite Wellenlängenauswahlelement mit der Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung integriert ausgeführt.

Zusätzlich stellt die vorliegende Erfindung eine dritte optische Vorrichtung mit einer Struktur bereit, welche der der ersten optischen Vorrichtung ähnlich ist. Bei der dritten optischen Vorrichtung ist das zweite Wellenlängenauswahlelement mit dem ersten Wellenlängenauswahlelement integriert ausgeführt.

Noch weitere Aufgaben und Vorteile der Erfindung werden zum Teil offensichtlich sein und werden zum Teil aus der Beschreibung hervorgehen.

Die Erfindung umfasst dementsprechend die Merkmale von Aufbau, Kombinationen von Elementen und Anordnung von Teilen, welche in dem im Folgenden dargelegten Aufbau beispielhaft dargestellt werden, und der Umfang der Erfindung wird durch die Ansprüche angezeigt.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Fig. 1 ist ein Diagramm, welches die Anordnung einer ersten optischen Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt, bei welcher Teile (a) und (b) eine Seiten- bzw. eine Vorderansicht der optischen Vorrichtung sind, welche mit einer Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung versehen ist, die eine Beleuchtung durch ein Objektiv durchführt.

Fig. 2 ist ein Diagramm, welches die Anordnung einer fünften optischen Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt, bei welcher Teile (a) und (b) eine Seiten- bzw. eine Vorderansicht der optischen Vorrichtung in einem Zustand sind, in welchem eine Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung an ein Galilei'sches stereoskopisches Mikroskop angebracht ist.

Fig. 3 ist ein Diagramm, welches die Anordnung einer sechsten optischen Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt, bei welcher Teile (a) und (b) einer Seiten- bzw. eine Vorderansicht der optischen Vorrichtung in einem Zustand sind, in welchem eine Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung an einem Greenough'schen stereoskopischen Mikroskop angebracht ist.

Fig. 4 ist ein Diagramm, welches die Beziehung zwischen den Positionen von zwei Betrachtungs-Optiksystemen und einem reflektierenden Element in Bezug auf ein Objektiv auf der einen Seite und durch das Objektiv hindurchtretendes Beleuchtungslicht auf der anderen Seite zeigt, in welchem Teil (a) einen Fall zeigt, bei dem eine die Zentren der zwei op-

tischen Betrachtungssysteme verbindende imaginäre Linie von der optischen Achse des Objektivs verlagert ist, und Teil (b) einen Fall zeigt, bei dem die optische Achse des Objektivs auf der die Zentren der zwei optischen Betrachtungssysteme verbindenden imaginären Linie liegt.

Fig. 5 ist eine ausführliche Ansicht, welche die Anordnung einer Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung in einer neunten optischen Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 6 ist ein Diagramm, welches die Anordnung einer dreizehnten optischen Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt, bei welcher Teile (a) und (b) eine Seiten- bzw. eine Vorderansicht der optischen Vorrichtung ist, welche mit einer Distalend-Beleuchtungseinheit versehen ist, welche eine Beleuchtung direkt ohne Verwendung eines Objektivs durchführt.

Fig. 7 ist ein Diagramm, welches die Anordnung einer achtzehnten und neunzehnten optischen Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt, bei welchen ein Prisma als eine Distalend-Beleuchtungseinheit verwendet wird, wobei Teil (a) einen Fall zeigt, bei welchem Keilprismen verwendet werden, und Teil (b) einen Fall zeigt, bei welchem ein Ablenkprisma verwendet wird.

Fig. 8 ist ein Diagramm, welches die Anordnung einer zwanzigsten und einundzwanzigsten optischen Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt, bei welchen ein Prisma als eine Distalend-Beleuchtungseinheit verwendet wird, wobei: Teil (a) eine Seitenansicht eines zwei Prismen verwendenden optischen Systems ist; Teil (b) eine Rückansicht des zwei Prismen verwendenden optischen Systems ist; Teil (c) eine Seitenansicht eines vier Prismen verwendenden optischen Systems ist; und Teil (d) eine Rückansicht des vier Prismen verwendenden optischen Systems ist.

Fig. 9 ist ein Diagramm, welches die Anordnung einer zweiundzwanzigsten optischen Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt, bei welcher eine torische Linse als eine Distalend-Beleuchtungseinheit verwendet wird.

Fig. 10 ist ein Diagramm, welches die Anordnung einer optischen Vorrichtung gemäß Beispiel 1 der vorliegenden Erfindung zeigt, wobei Teil (a) eine Vorderansicht ist, welche lediglich ein optisches Fluoreszenzbetrachtungssystem der optischen Vorrichtung zeigt, welche mit einer Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung versehen ist, die eine Beleuchtung durch ein Objektiv durchführt, und Teil (b) eine Seitenansicht ist, welche die gesamte optische Vorrichtung zeigt.

Fig. 11 ist ein Diagramm, welches eine Anordnung der optischen Vorrichtung gemäß Beispiel 1 zeigt, bei welcher die Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung nicht verwendet wird, wobei Teil (a) eine Seitenansicht der optischen Vorrichtung ist und Teil (b) ein Diagramm ist, welches einen in der optischen Vorrichtung gemäß Beispiel 1 verwendeten Rahmensockel zeigt.

Fig. 12 ist ein Diagramm, welches eine Anordnung der optischen Vorrichtung gemäß Beispiel 1 zeigt, bei welcher ein Anregungsfilter und ein Absorptionsfilter in eine Einheit integriert sind.

Fig. 13 ist ein Diagramm, welches eine Anordnung einer Filtereinheit zeigt, welche verwendet wird, um Anregungs- und Absorptionsfilter austauschbar zu machen, wobei Teil (a) eine Draufsicht und Teil (b) eine Schnittansicht ist.

Fig. 14 ist ein Diagramm, welches eine weitere Anordnung einer Filtereinheit zeigt, welche verwendet wird, um Anregungs- und Absorptionsfilter austauschbar zu machen, wobei Teile (a) und (b) Draufsichten sind und Teil (c) eine Schnittansicht ist.

Fig. 15 ist eine ausführliche Ansicht, welche die Anordnung des optischen Systems der in Beispiel 1 verwendeten Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung zeigt.

Fig. 16 ist ein Diagramm, welches das optische System der in Fig. 1 verwendeten Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung zeigt, welches die Linsenanordnungen bei der niedrigsten, mittleren und größten Vergrößerung zeigt.

Fig. 17 ist ein Diagramm, welches die Weise zeigt, in welcher die optische Achse eines Objektivs und die optische Achse eines Beleuchtungs-Optiksystems voneinander verlagert sind.

Fig. 18 ist ein Diagramm, welches die Anordnung einer optischen Vorrichtung gemäß Beispiel 2 der vorliegenden Erfindung zeigt, wobei Teil (a) eine Vorderansicht ist, welche lediglich ein Fluoreszenzbetrachtungs-Optiksystem in einem Galilei'schen stereoskopischen Mikroskop zeigt, und Teil (b) eine Seitenansicht der gesamten optischen Vorrichtung ist.

Fig. 19 ist ein Diagramm, welches die Beziehung zwischen den Positionen von zwei Betrachtungs-Optiksystemen und einem reflektierenden Element mit Bezug auf ein Objektiv auf der einen Seite und durch das Objektiv tretendes Beleuchtungslicht auf der anderen zeigt, wobei Teil (a) einen Fall zeigt, bei welchem eine die Zentren der zwei Betrachtungs-Optiksysteme verbindende imaginäre Linie von der optischen Achse des Objektivs verlagert ist, und Teil (b) einen Fall zeigt, bei welchem die optische Achse des Objektivs auf der die Zentren der zwei Betrachtungs-Optiksysteme verbindenden imaginären Linie liegt.

Fig. 20 ist ein Diagramm, welches einen Mechanismus zeigt, der den Beleuchtungsbereich in Zuordnung zu einer in einem Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem durchgeführten Vergrößerungsänderung verändert.

Fig. 21 ist ein Diagramm, welches die Anordnung einer optischen Vorrichtung gemäß Beispiel 3 der vorliegenden Erfindung zeigt, wobei Teil (a) eine Vorderansicht ist, welche lediglich ein Fluoreszenzbetrachtungs-Optiksystem in einem Greenough'schen stereoskopischen Mikroskop zeigt, und Teil (b) eine Seitenansicht ist, welche die gesamte optische Vorrichtung zeigt.

Fig. 22 ist ein Diagramm, welches die Anordnung einer optischen Vorrichtung gemäß Beispiel 4 der vorliegenden Erfindung zeigt, welche mit einer Distalend-Beleuchtungseinheit versehen ist, welche eine Beleuchtung direkt ohne Verwendung eines Objektivs durchführt, wobei Teil (a) eine Vorderansicht ist, die lediglich ein Fluoreszenzbetrachtungs-Optiksystem zeigt, und Teil (b) eine Seitenansicht ist, welche die gesamte optische Vorrichtung zeigt.

Fig. 23 ist ein Diagramm, welches das optische System einer in Beispiel 4 verwendeten Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung zeigt, welches die Linsenanordnungen bei der niedrigsten, mittleren und größten Vergrößerung zeigt.

Fig. 24 ist ein Diagramm, welches das Layout einer Distalend-Beleuchtungseinheit und den Beleuchtungslichtzustand bei der niedrigsten, mittleren und größten Vergrößerung zeigt.

Fig. 25 ist ein Diagramm, welches eine weitere Anordnung des optischen Systems der Distalend-Beleuchtungseinheit zeigt, wobei: Teil (a) einen Fall zeigt, bei welchem Linsenelemente mit einer Neigung zur optischen Achse eines Beleuchtungs-Optiksystems angeordnet sind; Teil (b) einen Fall zeigt, bei welchem ein reflektierender Spiegel mit einer Neigung angeordnet ist; und Teil (c) einen Fall zeigt, bei welchem der Durchmesser eines Linsenelements eines Objek-

tivs, welches einer Probe am nächsten liegt, erhöht ist.

Fig. 26 ist ein Diagramm, welches Beispiel 5 zeigt, das eine weitere Anordnung der Distalend-Beleuchtungseinheit bereitstellt, bei welcher ein Keilprisma verwendet wird.

Fig. 27 ist ein Diagramm, welches das Layout der Distalend-Beleuchtungseinheit in Beispiel 5 und den Beleuchtungslichtzustand bei der niedrigsten, mittleren und größten Vergrößerung zeigt.

Fig. 28 ist ein Diagramm, welches Beispiel 6 zeigt, das eine weitere Anordnung der Distalend-Beleuchtungseinheit bereitstellt, bei welcher ein Ablenkprisma verwendet wird.

Fig. 29 ist ein Diagramm, welches das Layout der Distalend-Beleuchtungseinheit in Beispiel 6 und den Beleuchtungslichtzustand bei der niedrigsten, mittleren und größten Vergrößerung zeigt.

Fig. 30 ist ein Diagramm, welches Beispiel 7 zeigt, das noch eine weitere Anordnung der Distalend-Beleuchtungseinheit bereitstellt, wobei: Teil (a) eine Seitenansicht der Distalend-Beleuchtungseinheit, eines Objektivs und eines Betrachtungs-Optiksystems ist; Teil (b) eine Vorderansicht der Anordnung ist; und Teil (c) eine Draufsicht der Anordnung ist.

Fig. 31 ist ein Diagramm, welches eine Distalend-Beleuchtungseinheit in Fig. 7 zeigt, welche den Beleuchtungslichtzustand bei der niedrigsten, mittleren und größten Vergrößerung zeigt.

Fig. 32 ist ein Diagramm, welches eine aus zwei Prismen gebildete Distalend-Beleuchtungseinheit zeigt.

Fig. 33 ist ein Diagramm, welches eine aus vier Prismen gebildete Distalend-Beleuchtungseinheit zeigt.

Fig. 34 ist ein Diagramm, welches den Zustand eines Beleuchtungslichtstrahls auf eine Probe zeigt, wenn ein Beleuchtungs-Optiksystem aus einem rotationssymmetrischen kreisförmigen optischen Element gebildet ist und Beleuchtungslicht einer Probe schräg zugeführt wird.

Fig. 35 ist ein Diagramm, welches eine Distalend-Beleuchtungseinheit in Beispiel 8 zeigt, welche unter Verwendung von torischen Linsen gebildet ist, wobei: Teil (a) eine Seitenansicht der Distalend-Beleuchtungseinheit, eines Objektivs und eines Betrachtungs-Optiksystems ist; Teil (b) eine Vorderansicht der Anordnung ist; Teil (c) eine Draufsicht der Anordnung ist; und Teil (d) ein Diagramm ist, welches die äußere Gestalt einer torischen Linse zeigt.

Fig. 36 ist ein Diagramm, welches eine Positionsbeziehung zwischen einer torischen Linse und einem Prisma zeigt.

Fig. 37 ist ein Diagramm, welches eine Positionsbeziehung zwischen einer weiteren torischen Linse und einem weiteren Prisma zeigt.

Fig. 38 ist eine perspektivische Ansicht einer Distalend-Beleuchtungseinheit.

Fig. 39 ist ein Diagramm, welches den Zustand eines Beleuchtungslichtstrahls auf eine Probe zeigt, wenn eine torische Linse in einem Beleuchtungs-Optiksystem verwendet und Beleuchtungslicht einer Probe schräg zugeführt wird.

Fig. 40 ist ein Diagramm, welches eine Distalend-Beleuchtungseinheit in Beispiel 8 zeigt, welche den Zustand von Beleuchtungslicht bei der niedrigsten, mittleren und größten Vergrößerung zeigt.

Fig. 41 ist ein Diagramm, welches den Zustand von Beleuchtungslicht auf eine Probe zeigt, wobei Teil (a) ein Diagramm ist, welches den Zustand von Beleuchtungslicht zeigt, wenn eine asymmetrische Oberfläche nicht verwendet wird, und Teil (b) ein Diagramm ist, welches den Zustand von Beleuchtungslicht zeigt, wenn eine asymmetrische Oberfläche verwendet wird.

Fig. 42 ist ein Diagramm, welches eine optische Vorrichtung zeigt, die eine Kombination der optischen Vorrichtung gemäß Beispiel 1 und der Distalend-Beleuchtungseinheit in Beispiel 4 ist, wobei Teil (a) eine Vorderansicht ist, welche lediglich ein Fluoreszenzbetrachtungs-Optiksystem zeigt, und Teil (b) eine Seitenansicht der gesamten optischen Vorrichtung ist.

Fig. 43 ist ein Diagramm, welches die Anordnung eines herkömmlichen stereoskopischen Mikroskops während einer Fluoreszenzbetrachtung zeigt.

Fig. 44 ist ein Diagramm, welches die Anordnung eines mit herkömmlichem Auflicht-Fluoreszenzmikroskops ist.

Fig. 45 ist ein Diagramm, welches die Anordnung eines herkömmlichen stereoskopischen Mikroskops während einer Fluoreszenzbetrachtung zeigt, bei welchem Anregungslicht nicht durch ein Betrachtungs-Optiksystem hindurchgeschickt wird.

Fig. 46 ist ein Diagramm, welches die Anordnung einer in der WO 99/13370 offenbarten herkömmlichen Vorrichtung zeigt.

Fig. 47 ist ein Diagramm, welches die Anordnung eines in der japanischen Patentanmeldung, Veröffentlichungsnummer nach Prüfung Hei 7-57226 offenbarten chirurgischen Mikroskops ist.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

Als erstes wird der Betrieb der oben beschriebenen ersten bis dritten optischen Vorrichtung beschrieben werden. Um den Kontrast des oben beschriebenen Fluoreszenzabbildes zu verbessern, ist es wichtig, dass soweit wie möglich verhindert werden sollte, dass Anregungslicht von der Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung durch das optische System in der Betrachtungs-Optiksystemeinheit hindurchtritt. Dementsprechend, wie in Teilen (a) und (b) von Fig. 1, welche eine Seitenansicht und eine Vorderansicht sind, gezeigt ist, umfasst die erste optische Vorrichtung eine Betrachtungsvorrichtung und eine Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A, welche an der Betrachtungsvorrichtung abnehmbar angebracht ist. Die Betrachtungsvorrichtung besitzt ein Objektiv 1, eine Betrachtungs-Optiksystemeinheit 2, umfassend ein Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem, und eine Abbildungs-Optiksystemeinheit 9, umfassend eine abbildende Linse 3 und ein Okular 4. Die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A weist ein Beleuchtungs-Optiksystem mit einer Lichtquelle 13 und einer Mehrzahl von Linseneinheiten, umfassend eine Kollektorlinseneinheit 16, auf. Das Beleuchtungs-Optiksystem weist weiterhin reflektierende Elemente auf. Ein reflektierendes Element 6 zum Reflektieren von Anregungslicht ist zwischen der Betrachtungs-Optiksystemeinheit 2 und dem Objektiv 1 an einer Position angeordnet, welche von der optischen Achse des Objektivs 1 verlagert ist, um Beleuchtungslicht zur Beleuchtung einer Probe 7 zu reflektieren. Zwischen der Lichtquelle 13 und dem reflektierenden Element 6 ist ein Anregungsfilter 8 als ein erstes Wellenlängenauswahlelement zum selektiven Durchlassen von Licht einer spezifischen Wellenfänge angeordnet, um die Probe 7 zu beleuchten. Zwischen dem Objektiv 1 und der Abbildungs-Optiksystemeinheit 9 ist ein Absorptionsfilter 5 als ein zweites Wellen-

längenauswahlelement zum selektiven Durchlassen von Fluoreszenzlicht angeordnet, welches von der Probe 7 ausgesendet wird.

Das Objektiv 1 und die Betrachtungs-Optiksystemeinheit 2, welche ein Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem umfasst, sind in der Form eines universellen infiniten optischen Systems angeordnet. Das Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem ist aus einem afokalen optischen System gebildet.

Bei der ersten optischen Vorrichtung tritt Anregungslicht von der Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung A nicht durch die Betrachtungs-Optiksystemeinheit 2, welche das Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem umfasst, sondern fällt in das Objektiv 1 durch einen Bereich zwischen der Betrachtungs-Optiksystemeinheit 2 und dem Objektiv 1 aufgrund der Wirkung des an einer von der optischen Achse des Objektivs 1 verlagerten Position angeordneten reflektierenden Elements 6 ein und beleuchtet die Probe 7. Deshalb tritt in der Betrachtungs-Optiksystemeinheit 2 keine Autofluoreszenz auf.

Bei der zweiten optischen Vorrichtung sind der Absorptionsfilter 5 als das zweite Wellenlängenauswahlelement zum selektiven Durchlassen von Fluoreszenzlicht und die Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung A in eine Einheit integriert, wodurch der Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung A ermöglicht wird, mit einer herkömmlichen Betrachtungsvorrichtung ohne weiteres kombiniert zu werden. Somit ist die optische Vorrichtung in ihren Allzeckeigenschaften verbessert. Zusätzlich weist die optische Vorrichtung eine ausgezeichnete Systemflexibilität auf, da die mit der Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung A kombinierte herkömmliche Betrachtungsvorrichtung eine Fluoreszenzbetrachtung gestattet.

Bei der dritten optischen Vorrichtung sind der Absorptionsfilter 5 als das zweite Wellenlängenauswahlelement und der Anregungsfilter 8 als das erste Wellenlängenauswahlelement in eine Einheit integriert, wodurch das System gestattet, ohne weiteres gehandhabt zu werden. Zusätzlich können die Kosten reduziert werden, da der Systemaufbau vereinfacht ist.

Eine vierte optische Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung weist eine Struktur auf, die der der ersten oder zweiten optischen Vorrichtung ähnlich ist. Die vierte optische Vorrichtung weist einen Rahmen zum Halten einer Probe und einen an dem Rahmen eingebauten Stab auf. Die optische Vorrichtung besitzt weiterhin eine Fokussiereinheit, die an dem Stab gehalten ist, um den Abstand zwischen der Probe und dem Objektiv zu verändern. Die Fokussiereinheit hält die Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung. Die Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung hält die Betrachtungsvorrichtung.

Der Betrieb der vierten optischen Vorrichtung wird im Folgenden beschrieben werden. Wie in Fig. 1 gezeigt ist, weist die Fluoreszenzbetrachtung gestattende Vorrichtung eine Fokussiereinheit 19 zum Verändern des Abstands zwischen der Probe 7 und dem Objektiv 1 auf. Die optische Vorrichtung weist ferner einen Rahmen 10 zum Halten der Probe 7 und einen am Rahmen 10 eingebauten Stab 11 auf. Die Fokussiereinheit 19 ist an dem Stab 11 gehalten. Die Fokussiereinheit 19 hält die Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung A. Die Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung A hält das Objektiv 1, die Betrachtungs-Optiksystemeinheit 2 und die Abbildungs-Optiksystemeinheit 9.

Bei der vierten optischen Vorrichtung können der Absorptionsfilter 5 als das zweite Wellenlängenauswahlelement zum selektiven Durchlassen von Fluoreszenzlicht und die Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung A in eine Einheit integriert sein, wodurch gestattet wird, die Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung A ohne weiteres mit einer herkömmlichen Betrachtungsvorrichtung zu kombinieren. Folglich gestattet die mit der Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung A kombinierte herkömmliche Betrachtungsvorrichtung eine Fluoreszenzbetrachtung. Somit weist die optische Vorrichtung eine ausgezeichnete Systemflexibilität auf. Darüber hinaus wird der Bereich zwischen der Betrachtungs-Optiksystemeinheit 2 und der Fokussiereinheit 19, welches der Raum zur Unterbringung der Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung A ist, in der herkömmlichen Vorrichtung nicht in besonderer Weise verwendet. Somit vermeidet ein Anordnen der Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung A in diesem Raum eine Zunahme der Größe der optischen Vorrichtung und verhindert, dass der umgebende Raum geopfert wird.

Eine fünfte optische Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung weist eine Struktur auf, welche der der ersten optischen Vorrichtung ähnlich ist. Bei der fünften optischen Vorrichtung sind die Betrachtungs-Optiksystemeinheit und die Abbildungs-Optiksystemeinheit jeweils aus einem Paar von Linseneinheiten gebildet. Das Paar von Linseneinheiten ist parallel und symmetrisch zur optischen Achse des Objektivs angeordnet.

Der Betrieb der fünften optischen Vorrichtung wird unter Bezugnahme auf Teil (a) von Fig. 2 beschrieben werden. Wie in Teil (a) von Fig. 2 gezeigt ist, weist die fünfte optische Vorrichtung ein einzelnes Objektiv 1 sowie ein linkes und ein rechtes Betrachtungs-Optiksystem 2L und 2R auf. Weiterhin weist die fünfte optische Vorrichtung einen linken und einen rechten Absorptionsfilter 25L und 25R als zweite Wellenlängenauswahlelemente zum selektiven Durchlassen von Fluoreszenzlicht, eine linke und eine rechte abbildende Linse 3L und 3R sowie ein linkes und ein rechtes Okular 4L und 4R auf. Dementsprechend besitzen die Betrachtungs-Optiksystemeinheit und die Abbildungs-Optiksystemeinheit jeweils ein Paar von Linseneinheiten.

Es sollte angemerkt werden, dass die Betrachtungs-Optiksysteme optische Systeme in der Betrachtungs-Optiksystemeinheit sind und jedes Betrachtungs-Optiksystem zusätzlich zum Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem ein Relais-Optiksystem oder eine den optischen Weg teilende Vorrichtung aufweisen kann.

In Teil (a) von Fig. 2 sind die linke Linseneinheit (2L, 25L, 3L und 4L) und die rechte Linseneinheit (2R, 25R, 3R und 4R) an der linken bzw. rechten Seite einer optischen Achse des Objektivs 1 angeordnet, welches ebenso die Mittellinie des Objektivs 1 ist. Der Abstand zwischen der linken Linseneinheit und der optischen Achse und der Abstand zwischen der rechten Linseneinheit und der optischen Achse sind einander gleich. Das Paar von Linseneinheiten ist parallel zur optischen Achse des Objektivs 1 angeordnet. Dementsprechend ist das Paar von Linseneinheiten symmetrisch bezüglich der optischen Achse des Objektivs 1. Mit dieser Anordnung bildet die fünfte optische Vorrichtung ein Galilei'sches stereoskopisches Mikroskop und ermöglicht somit, die Probe stereoskopisch zu betrachten.

Eine sechste optische Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung weist eine Struktur auf, welche der der ersten optischen Vorrichtung ähnlich ist. Bei der sechsten optischen Vorrichtung sind das Objektiv, die Betrachtungs-Optiksystemeinheit und die Abbildungs-Optiksystemeinheit jeweils aus einem Paar von Linseneinheiten gebildet. Jedes Paar von Linseneinheiten ist zu einer zur Probenoberfläche orthogonalen Achse geneigt und symmetrisch bezüglich der Achse angeordnet.

Der Betrieb der sechsten optischen Vorrichtung wird mit Bezugnahme auf Fig. 3 erläutert werden. Teil (a) von Fig. 3 ist eine Vorderansicht und Teil (b) von Fig. 3 ist eine Seitenansicht. Wie in Fig. 3 gezeigt ist, weist die sechste optische Vorrichtung ein linkes und ein rechtes Objektiv 1L und 1R, ein rechtes und ein linkes Betrachtungs-Optiksystem 2L und 2R, ein linkes und ein rechtes optisches Element 5L und 5R zum selektiven Durchlassen von Fluoreszenzlicht, eine linke und eine rechte abbildende Linse 3L und 3R sowie ein linkes und ein rechtes Okular 4L und 4R auf.

Dementsprechend weisen das Objektiv, die Betrachtungs-Optiksystemeinheit und die Abbildungs-Optiksystemeinheit jeweils ein Paar von Linseneinheiten auf.

Die linke Linseneinheit (1L, 2L, 5L, 3L und 4L) und die rechte Linseneinheit (1R, 2R, 5R, 3R und 4R) sind an der linken bzw. rechten Seite einer zur Oberfläche der Probe 7 orthogonalen Achse angeordnet. Jede Linseneinheit ist mit dem gleichen Winkel α bezüglich der zur Oberfläche der Probe 7 orthogonalen Achse geneigt. Dementsprechend ist das Paar von Linseneinheiten bezüglich der zur Oberfläche der Probe 7 orthogonalen Achse symmetrisch angeordnet.

Mit dieser Anordnung bildet die sechste optische Vorrichtung ein Greenough'sches stereoskopisches Mikroskop und ermöglicht es somit, die Probe stereoskopisch zu betrachten.

Eine siebte optische Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung weist eine Struktur auf, welche der der fünften optischen Vorrichtung ähnlich ist. Bei der siebten optischen Vorrichtung sind die Betrachtungs-Optiksystemeinheit und die Abbildungs-Optiksystemeinheit derart angeordnet, dass eine die optischen Achsen des Paares von Linseneinheiten enthaltende Ebene von der optischen Achse des Objektivs verlagert ist.

Der Betrieb der siebten optischen Vorrichtung wird erläutert werden. Bei der siebten optischen Vorrichtung, wie in Teil (a) von Fig. 4 gezeigt ist, ist eine Ebene, die die optischen Achsen von zwei unabhängigen Betrachtungs-Optiksystemen enthält, von der optischen Achse des Objektivs 1 weg vom reflektierenden Element 6 verlagert.

Genauer ist in Teil (a) von Fig. 4 die obere Figur eine Schnittansicht entlang einer Ebene des Objektivs 1 in der Nähe des reflektierenden Elements 6 und die untere Figur eine Seitenansicht des Objektivs 1. In Fig. 4 bezeichnet das Bezugszeichen 1 ein Objektiv und Bezugszeichen 2_1 und 2_2 bezeichnen die Bereiche von Lichtstrahlen, welche in zwei unabhängige Betrachtungs-Optiksysteme hineingeleitet werden, welche aus einem Paar von Einheiten gebildet sind. Bezugszeichen 2_3 bezeichnet einen Bereich, durch welchen Anregungslicht hindurchtritt, welches durch das reflektierende Element 6 abgelenkt ist. Bezugszeichen O bezeichnet die Position der optischen Achse des Objektivs 1 und Bezugszeichen E bezeichnet die Pupillenposition des Beleuchtungs-Optiksystems in der Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung A, welche zur Pupillenposition des Betrachtungs-Optiksystems konjugiert ist. Die Seitenansicht zeigt den optischen Weg von Anregungslicht im Objektiv 1. Wie in Teil (a) von Fig. 4 gezeigt ist, ist eine Ebene, welche die optischen Achsen der zwei unabhängigen Betrachtungs-Optiksysteme enthält, von der optischen Achse O des Objektivs 1 weg von dem reflektierenden Element 6 verlagert, wodurch dann, wenn Anregungslicht von der Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung A durch das reflektierende Element 6 abgelenkt wird, um in das Objektiv 1 zu fallen, um die Probe 7 zu beleuchten, Umfangsstrahlen L' und U' von Anregungslicht die Probe 7 beleuchten können, ohne im Objektiv 1 verdunkelt zu werden.

Andererseits zeigt Teil (b) von Fig. 4 einen Zustand, in welchem die optische Achse des Objektivs 1 nicht von der der optischen Achsen der zwei unabhängigen Betrachtungs-Optiksysteme enthaltenden Ebene verlagert ist. In diesem Falle wird ein Randstrahl U' von Anregungslicht, welcher auf die Pupillenposition E mit einem großen Winkel einfällt, im Objektiv 1 verdunkelt und kann den Betrachtungsbereich nicht beleuchten.

Eine achte optische Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung weist eine der ersten optischen Vorrichtung ähnliche Struktur auf. Bei der achten optischen Vorrichtung ist wenigstens eine Linseneinheit des Beleuchtungs-Optiksystems in der Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung derart beweglich, dass der Beleuchtungsbereich des Beleuchtungs-Optiksystems näherungsweise mit dem Betrachtungsbereich zusammenfällt, welcher sich gemäß eines Vergrößerungsänderungsvorgangs des Betrachtungs-Optiksystems in der Betrachtungs-Optiksystemeinheit verändert.

Der Betrieb der achten optischen Vorrichtung wird erläutert werden. Bei der achten optischen Vorrichtung besitzt die Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung einen Bewegungsmechanismus, und das Beleuchtungs-Optiksystem besitzt wenigstens eine bewegliche Linseneinheit. Es wird bevorzugt, dass die Position eines Abbildes der durch das Beleuchtungs-Optiksystem projizierten Lichtquelle zu der Pupillenposition des Betrachtungs-Optiksystems näherungsweise konjugiert sein sollte. Der Grund dafür ist, dass die Randstrahlen des beleuchtenden Lichtstrahls die Probe nicht erreichen können, falls die Position des projizierten Abbildes der Lichtquelle nicht näherungsweise zur Pupillenposition des Betrachtungs-Optiksystems konjugiert ist. Bei der achten optischen Vorrichtung können die Pupillenposition des Beleuchtungs-Optiksystems und die Pupillenposition des Betrachtungs-Optiksystems näherungsweise miteinander in Übereinstimmung gebracht werden, selbst wenn die Pupillenposition des Betrachtungs-Optiksystems sich aufgrund eines Vergrößerungsänderungsvorgangs des Betrachtungs-Optiksystems ändert, da wenigstens eine Linseneinheit in dem Beleuchtungs-Optiksystem durch einen in Fig. 1 gezeigten Bewegungsmechanismus 15' bewegt werden kann. Folglich können der Betrachtungsbereich und der Beleuchtungsbereich miteinander in Übereinstimmung gebracht werden. Somit ist es möglich, ein Betrachtungsabbild zu erhalten, welches ähnlich dem ist, welches mit dem herkömmlichen Fluoreszenzmikroskop erhalten wird.

Eine neunte optische Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung besitzt eine Struktur, welche der der achten optischen Vorrichtung ähnlich ist. Bei der neunten optischen Vorrichtung besitzt das Beleuchtungs-Optiksystem eine Sammellinseneinheit zum Sammeln von Licht von der Lichtquelle, eine erste Relaislinseneinheit, um ein erstes Abbild der Lichtquelle zu bilden, und eine zweite Relaislinseneinheit, um das erste Abbild der Lichtquelle zu übertragen. Ein erstes reflektierendes Element ist in der ersten Relaislinseneinheit angeordnet. Eine Aperturblende ist in der Nähe des ersten Abbildes der Lichtquelle angeordnet. Wenigstens eine bewegliche Linseneinheit und ein zweites reflektierendes Element sind in der zweiten Relaislinseneinheit angeordnet. Erste Wellenlängenauswahlelemente sind austauschbar in dem Beleuchtungs-Optiksystem vorgesehen.

Der Betrieb der neunten optischen Vorrichtung wird beschrieben werden. Fig. 5 und 6 zeigen die Anordnung der optischen Vorrichtung. In Fig. 5 besitzt das Beleuchtungs-Optiksystem in Reihenfolge von der Lichtquelle 13 aus eine Sammellinseneinheit G0 zum Sammeln von Licht von der Lichtquelle 13, eine erste Relaislinseneinheit G1, um ein erstes Abbild der Lichtquelle 13 zu bilden, eine zweite Relaislinseneinheit G2, um das erste Abbild der Lichtquelle 13 zu

übertragen, sowie das reflektierende Element 6, welches zwischen den Betrachtungs-Optiksystemen 2L und 2R und dem Objektiv 1 angeordnet ist. Ein erstes reflektierendes Element M1 ist in der ersten Relaislinseneinheit G1 vorgesehen. Eine Aperturblende AS ist in der Nähe des ersten Abbildes der Lichtquelle 13 angeordnet. Eine bewegliche Linseneinheit L22 und ein zweites reflektierendes Element M2 sind in der zweiten Relaislinseneinheit G2 vorgesehen. Zusätzlich sind Anregungsfilter 8 und 8' als erste Wellenlängenauswahlmittel in dem Beleuchtungs-Optiksystem austauschbar vorgesehen, wie durch den Doppelpfeil gezeigt ist.

Somit wird Beleuchtungslicht von der Lichtquelle 13 durch die Sammellinseneinheit G0 gesammelt und Licht einer Wellenlänge zum Beleuchten der Probe 7 wird selektiv als Anregungslicht durch den Anregungsfilter 8 übertragen, welcher in der ersten Relaislinseneinheit G1 angeordnet ist. Die erste Relaislinseneinheit G1 bildet ein erstes Abbild der Lichtquelle 13. Eine Aperturblende ist in der Nähe des ersten Abbildes der Lichtquelle 13 angeordnet. Die zweite Relaislinseneinheit G2 projiziert das erste Abbild in die Nähe einer Position, welche näherungsweise der Pupillenposition eines jeden der Betrachtungs-Optiksysteme 2L und 2R konjugiert ist.

Das Betrachtungs-Optiksystem besitzt ein Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem und ist in der Lage, die Größe des Betrachtungsabbildes zu verändern. Wenn jedoch die Vergrößerung verändert wird, verändern sich die Pupillenposition und Pupillendurchmesser eines jeden Betrachtungs-Optiksystems 2L und 2R. Folglich kann die Position, an welche das Abbild der Lichtquelle 13 projiziert wird, nicht zur Pupillenposition eines jeden der Betrachtungs-Optiksysteme 2L und 2R konjugiert sein. Somit ist die Linseneinheit L22 in der zweiten Relaislinseneinheit G2 in der Richtung der optischen Achse bewegbar ausgebildet, wie in Teil (b) von Fig. 5 durch den Bewegungsmechanismus 15' gezeigt, um das zweite Abbild der Lichtquelle 13 mit einer zur Pupillenposition konjugierten Position in Übereinstimmung zu bringen und um das Lichtquellenabbild auf eine optimale Größe bezüglich des Pupillendurchmessers einzustellen. Somit wird dem Beleuchtungsbereich gestattet, sich gemäß der Veränderung der durch den Vergrößerungsänderungsvorgang der Betrachtungs-Optiksysteme 2L und 2R hervorgerufenen Veränderung des Betrachtungsbereichs durch Bewegungen der Linseneinheit L22 in der zweiten Relaislinseneinheit G2 in Richtung der optischen Achse in Zuordnung mit der Veränderung der Vergrößerung der Betrachtungs-Optiksysteme 2L und 2R zu verändern. Darüber hinaus wird die Größe des projizierten Abbildes der Lichtquelle 13 näherungsweise übereinstimmend mit dem Pupillendurchmesser der Betrachtungs-Optiksysteme 2L und 2R und das projizierte Abbild der Lichtquelle 13 füllt die Pupille eines jeden der Betrachtungs-Optiksysteme 2L und 2R. Dementsprechend weist die optische Vorrichtung eine ausgezeichnete Betriebsfähigkeit auf und gestattet eine helle Fluoreszenzbetrachtung.

Es sollte angemerkt werden, dass die Aperturblende AS, welche in der Nähe des ersten Abbildes der Lichtquelle 13 angeordnet ist, als eine Vorrichtung zum Einstellen der Beleuchtungsintensität von Anregungslicht dient.

Mit der oben beschriebenen Anordnung wirkt das Beleuchtungs-Optiksystem als ein Koehler'sches Beleuchtungssystem. Dementsprechend ist es möglich, hell und gleichförmig zu beleuchten.

Eine zehnte optische Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung besitzt eine Struktur, welche der der ersten oder neunten optischen Vorrichtung ähnlich ist. Bei der zehnten optischen Vorrichtung wird der Abstand zwischen der Sammellinseneinheit und der Lichtquelle verändert, um eine kritische Beleuchtung zu gestatten, bei welcher die Position, an welche das Abbild der Lichtquelle projiziert wird und die Probe miteinander näherungsweise in Übereinstimmung sind.

Eine elfte optische Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung besitzt eine Struktur, welche der der zehnten optischen Vorrichtung ähnlich ist. Bei der elften optischen Vorrichtung ist die Sammellinseneinheit relativ zur Lichtquelle unabhängig von dem Vergrößerungsänderungsvorgang der Betrachtungs-Optiksysteme in der Betrachtungs-Optiksystemeinheit bewegbar, und der Abstand D zwischen der Lichtquelle und einer zur Probe konjugierten Position, welche der Lichtquelle in dem Fluoreszenzbeleuchtungs-Optiksystem am nächsten ist, erfüllt die folgende Bedingung:

$$|D| \leq 3 \text{ Millimeter}$$

Der Betrieb der zehnten und der elften optischen Vorrichtung wird beschrieben werden. Die zehnte optische Vorrichtung besitzt einen Bewegungsmechanismus 15, welcher in der Lage ist, den Abstand zwischen der Sammellinseneinheit G0 und der Lichtquelle 13 zu verändern. Mit dieser Anordnung können die Position, an welche das Abbild der Lichtquelle projiziert wird, und die Probenoberfläche miteinander im Wesentlichen in Übereinstimmung gebracht werden. Somit ist es möglich, eine kritische Beleuchtung zu realisieren. Dementsprechend ist es möglich, zwischen einer Koehler-Beleuchtung, welche gestattet, dass der gesamte Betrachtungsbereich beleuchtet wird, und einer kritischen Beleuchtung, welche gestattet, dass lediglich ein mittlerer Abschnitt des Betrachtungsbereichs noch heller beleuchtet wird, gemäß dem Bedarf zu wählen. Deshalb weist die zehnte optische Vorrichtung eine ausgezeichnete Betriebsfähigkeit auf. Insbesondere ein dunkles Fluoreszenzabbild kann noch heller betrachtet werden, wenn eine kritische Beleuchtung verwendet wird.

Bei der elften optischen Vorrichtung ist der Abstand zwischen der Sammellinseneinheit G0 und der Lichtquelle 13 unabhängig von der Bewegung der Linseneinheit, welche sich in Zuordnung zum Vergrößerungsänderungsvorgang des Betrachtungs-Optiksystems bewegt, variabel. Zusätzlich erfüllt der Abstand D zwischen der Lichtquelle 13 und einer konjugierten Position zur Probe, welche der Lichtquelle 13 im Beleuchtungs-Optiksystem am nächsten ist, die folgende Bedingung:

$$|D| \leq 3 \text{ Millimeter}$$

Mit dieser Anordnung kann eine kritische Beleuchtung durch Verändern des Abstandes zwischen der Lichtquelle 13 und der Sammellinseneinheit G0, während Licht bei einer hohen numerischen Apertur von der Lichtquelle 13 durch die Sammellinseneinheit G0 ohne Vergeudung gesammelt wird, realisiert werden. Als Folge ist es möglich, zwischen einer Koehler-Beleuchtung, welche gestattet, dass der gesamte Betrachtungsbereich beleuchtet wird, und einer kritischen Beleuchtung, welche gestattet, dass lediglich der mittlere Abschnitt des Betrachtungsbereichs noch heller beleuchtet wird, zu wählen. Somit weist die optische Vorrichtung eine verbesserte Betriebsfähigkeit auf und gestattet, dass ein dunkles

Fluoreszenzabbild noch heller betrachtet wird.

Eine zwölfte optische Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung besitzt eine Struktur, welche der der dritten optischen Vorrichtung ähnlich ist. Die zwölfte optische Vorrichtung weist einen Mechanismus auf, durch welchen das erste Wellenlängenauswahlelement und das zweite Wellenlängenauswahlelement gegen ein weiteres erstes Wellenlängenauswahlelement bzw. ein weiteres zweites Wellenlängenauswahlelement in Kopplungsbeziehung miteinander gewechselt werden.

Der Betrieb der zwölften optischen Vorrichtung wird unten beschrieben werden. Die optische Vorrichtung besitzt einen Mechanismus, durch welchen der Anregungsfilter 8, welcher ein erstes Wellenlängenauswahlelement ist, und der Absorptionsfilter 5, welcher ein zweites Wellenlängenauswahlelement ist, gegen einen weiteren Anregungsfilter 8 bzw. einem weiteren Absorptionsfilter 5 in Kopplungsbeziehung miteinander gewechselt werden. Somit ist es möglich, ohne weiteres eine optimale Kombination eines Anregungsfilters 8 und eines Absorptionsfilters 5 für jede bestimmte verwendete Fluoreszenzfarbe auszuwählen, da der Anregungsfilter 8 und der Absorptionsfilter 5 in Kopplungsbeziehung miteinander in den optischen Weg eingefügt und von diesem zurückgezogen werden. Folglich ist die Betriebsfähigkeit beträchtlich verbessert.

Eine dreizehnte optische Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst eine Betrachtungsvorrichtung und eine an der Betrachtungsvorrichtung abnehmbar angebrachte Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung. Die Betrachtungsvorrichtung besitzt ein Objektiv, eine Betrachtungs-Optiksystemeinheit, umfassend ein Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem sowie eine Abbildungs-Optiksystemeinheit, umfassend eine abbildende Linse und ein Okular.

Die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung weist eine Lichtquelle und eine Distalend-Beleuchtungseinheit auf, welche in großer Nähe zum Objektiv angeordnet sind. Die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung weist weiterhin ein Beleuchtungs-Optiksystem auf, welches zwischen der Lichtquelle und der Distalend-Beleuchtungseinheit angeordnet ist, um Beleuchtungslicht von der Lichtquelle zur Distalend-Beleuchtungseinheit zu leiten.

Ein erstes Wellenlängenauswahlelement zum selektiven Durchlassen von Licht in einem spezifischen Wellenlängenbereich im Beleuchtungslicht ist zwischen der Lichtquelle und der Distalend-Beleuchtungseinheit angeordnet. Ein zweites Wellenlängenauswahlelement zum selektiven Durchlassen von Licht in dem Wellenlängenbereich von Fluoreszenzlicht, welches von einer Probe ausgesendet wird, ist zwischen dem Objektiv und der Abbildungs-Optiksystemeinheit angeordnet.

Die Distalend-Beleuchtungseinheit ist am Umfang des Objektivs angeordnet, sodass die Mittenposition eines Betrachtungs-Optiksystems in der Betrachtungs-Optiksystemeinheit und die Mittenposition von durch die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung zugeführtem Beleuchtungslicht miteinander an der Probenoberfläche übereinstimmen.

Das Beleuchtungs-Optiksystem weist wenigstens eine bewegliche Linseneinheit und einen Bewegungsmechanismus auf. Die bewegliche Linseneinheit wird gemäß einer Veränderung der Vergrößerung des Betrachtungs-Optiksystems bewegt, um den Betrachtungsbereich und den Beleuchtungsbereich miteinander näherungsweise in Übereinstimmung zu bringen.

Eine vierzehnte optische Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung weist eine Struktur auf, welche der der dreizehnten optischen Vorrichtung ähnlich ist. Bei der vierzehnten optischen Vorrichtung ist das zweite Wellenlängenauswahlelement mit der Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung integriert ausgeführt.

Eine fünfzehnte optische Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung weist eine Struktur auf, welche der der vierzehnten optischen Vorrichtung ähnlich ist. Bei der fünfzehnten optischen Vorrichtung ist das zweite Wellenlängenauswahlelement mit dem ersten Wellenlängenauswahlelement integriert ausgeführt.

Eine sechzehnte optische Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung weist eine Struktur auf, welche der der dreizehnten optischen Vorrichtung ähnlich ist. Bei der sechzehnten optischen Vorrichtung beleuchtet die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung die Probe mit Licht von der Lichtquelle durch die Distalend-Beleuchtungseinheit, ohne durch das Objektiv hindurchzutreten.

Der Betrieb der dreizehnten, der vierzehnten, der fünfzehnten und der sechzehnten optischen Vorrichtung wird mit Bezugnahme auf Fig. 6 erläutert werden. Teil (a) von Fig. 6 ist eine Seitenansicht und Teil (b) von Fig. 6 ist eine Vorderansicht.

Die dreizehnte optische Vorrichtung umfasst eine Betrachtungsvorrichtung und eine Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A, welche abnehmbar an der Betrachtungsvorrichtung angebracht ist. Die Betrachtungsvorrichtung besitzt ein Objektiv 1, Betrachtungs-Optiksystemeinheiten 2L und 2R, wobei jede ein Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem umfasst, sowie eine Abbildungs-Optiksystemeinheit 9, umfassend abbildende Linsen 3L und 3R und Okulare 4L und 4R. Die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A besitzt ein Beleuchtungs-Optiksystem mit einer Lichtquelle 13, eine Mehrzahl von Linseneinheiten, umfassend eine Sammellinseneinheit G0 und reflektierende Elemente. Die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A besitzt weiterhin eine Distalend-Beleuchtungseinheit B, welche nahe dem Objektiv 1 angeordnet ist. Zusätzlich ist ein erstes Wellenlängenauswahlelement zum selektiven Durchlassen von Licht einer spezifischen Wellenlänge, um eine Probe 7 zu beleuchten, d. h. ein Anregungsfilter 23, zwischen der Lichtquelle 13 und der Distalend-Beleuchtungseinheit B vorgesehen. Die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A beleuchtet die Probe 7 derart, dass die Mittenposition des Betrachtungs-Optiksystems und die Mittenposition von durch das Beleuchtungs-Optiksystem zugeführtem Beleuchtungslicht miteinander an der Probenoberfläche zusammenfallen. Von der Probe 7 ausgesendetes Fluoreszenzlicht tritt durch Absorptionsfilter 25L und 25R hindurch, welche als zweite Wellenlängenauswahlelemente zum selektiven Durchlassen von Licht von einer Fluoreszenzwellenlänge dienen. Es sollte angemerkt werden, dass die Absorptionsfilter 25L und 25R zwischen dem Objektiv 1 und der Abbildungs-Optiksystemeinheit 9 angeordnet sind. Zusätzlich weist die optische Vorrichtung einen Bewegungsmechanismus 15' auf, welcher wenigstens eine Linseneinheit in der Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A in Zuordnung zu einem Vergrößerungsänderungsvorgang des Betrachtungs-Optiksystems bewegt, sodass der Betrachtungsbereich und der Beleuchtungsbereich miteinander näherungsweise zusammenfallen. Somit kann effizient beleuchtet werden, da die optische Vorrichtung einen Mechanismus aufweist, welcher den Betrachtungsbereich und den Beleuchtungsbereich näherungsweise miteinander in Übereinstimmung bringt.

Die vierzehnte optische Vorrichtung besitzt eine Struktur, welche der der dreizehnten optischen Vorrichtung ähnlich

ist. Bei der vierzehnten optischen Vorrichtung sind die als zweite Wellenlängenauswahlelemente zum selektiven Durchlassen von Fluoreszenzlicht dienenden Absorptionsfilter 25R und 25L mit der Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A in eine Einheit integriert, wodurch ermöglicht wird, dass die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A ohne weiteres mit einer herkömmlichen Betrachtungsvorrichtung kombiniert wird. Dementsprechend ist es möglich, eine Fluoreszenzbetrachtung mit einer herkömmlichen optischen Vorrichtung auszuführen, welche selbst keine Fluoreszenzbetrachtung gestattet.

Die fünfzehnte optische Vorrichtung besitzt eine Struktur, welche der der dreizehnten optischen Vorrichtung ähnlich ist. Bei der fünfzehnten optischen Vorrichtung sind die als zweite Wellenlängenauswahlelemente dienenden Absorptionsfilter 25R und 25L sowie ein Anregungsfilter als ein erstes Wellenlängenauswahlelement in eine Einheit integriert, wie im Falle der in Fig. 1 gezeigten Anordnung, wodurch ein Wechseln von Filtern erleichtert und somit ermöglicht wird, das System einfach zu bedienen.

Bei der sechzehnten optischen Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung tritt keine Autofluoreszenz vom Objektiv 1 oder den Betrachtungs-Optiksystemen 2L und 2R auf, da Anregungslicht nicht durch das Objektiv 1, sondern durch die Distalend-Beleuchtungseinheit B im Fluoreszenzbeleuchtungs-Optiksystem tritt, um die Probe 7 zu beleuchten. Dementsprechend wird es möglich, ein Probenabbild mit hohem Kontrast zu betrachten.

Eine siebzehnte optische Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung besitzt eine Struktur, welche der der dreizehnten optischen Vorrichtung ähnlich ist. Bei der siebzehnten optischen Vorrichtung weist die Distalend-Beleuchtungseinheit Linsen auf. Wenigstens eine Linse in der Distalend-Beleuchtungseinheit ist derart angeordnet, dass die optische Achse der Linse von der optischen Achse der Distalend-Beleuchtungseinheit verlagert ist.

Eine achtzehnte optische Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung besitzt eine Struktur, welche der der dreizehnten optischen Vorrichtung ähnlich ist. Bei der achtzehnten optischen Vorrichtung umfasst die Distalend-Beleuchtungseinheit ein optisches Element, welches lediglich aus ebenen Flächen gebildet ist, und welches einfallendes Licht von sich lediglich durch einen Brechungsvorgang heraustreten lässt.

Der Betrieb der siebzehnten und der achtzehnten optischen Vorrichtung wird erläutert werden. Bei der siebzehnten optischen Vorrichtung, wie in Teil (a) von Fig. 6 gezeigt ist, sind Linsen B1 und B2 in der Distalend-Beleuchtungseinheit B bezüglich der optischen Achse der Distalend-Beleuchtungseinheit B außermittig angeordnet. Bei der achtzehnten optischen Vorrichtung, wie in Teil (a) von Fig. 7 gezeigt ist, sind Keilprismen P7 und P8 in der Distalend-Beleuchtungseinheit B vorgesehen. Ein Vorsehen von optischen Elementen in der Distalend-Beleuchtungseinheit B, wie in der Figur dargestellt, ermöglicht, dass die optische Achse des Fluoreszenzbeleuchtungs-Optiksystems und die optische Achse des Objektivs 1 miteinander an der Probenoberfläche zusammenfallen und gestattet somit eine effiziente Beleuchtung.

Eine neunzehnte optische Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung besitzt eine Struktur, welche der der dreizehnten optischen Vorrichtung ähnlich ist. Bei der neunzehnten optischen Vorrichtung umfasst die Distalend-Beleuchtungseinheit ein optisches Element, welches lediglich aus ebenen Flächen gebildet ist und welches einfallendes Licht von sich durch einen Brechungsvorgang und einen Reflexionsvorgang heraustreten lässt.

Der Betrieb der neunzehnten optischen Vorrichtung wird erläutert werden. Bei der neunzehnten optischen Vorrichtung, wie in Teil (b) von Fig. 7 gezeigt ist, ist wenigstens ein Ablenkungsprisma P6 in der Distalend-Beleuchtungseinheit B vorgesehen. Anregungslicht, welches in das Ablenkungsprisma P6 einfällt, wird durch eine erste Fläche a des Ablenkungsprismas P6 gebrochen, von einer zweiten Fläche b des Ablenkungsprismas P6 total reflektiert und von einer dritten Fläche c des Ablenkungsprismas P6 reflektiert, um das Ablenkungsprisma P6 durch Hindurchtreten durch die zweite Fläche b, welche ebenso als eine Brechungsfläche dient, zu verlassen. Dann beleuchtet das Anregungslicht die Probe 7.

Somit kann bei der neunzehnten optischen Vorrichtung durch Verwenden des Ablenkungsprismas P6 die Distalend-Beleuchtungseinheit B in ihrer Struktur vereinfacht und in einer kompakten Form aufgebaut werden. Zusätzlich wird der Verlust von Anregungslichtintensität verglichen mit einem Fall, bei welchem ein reflektierender Spiegel verwendet wird, verringert, da die Fläche b als eine total reflektierende Fläche dient.

Eine zwanzigste optische Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung besitzt eine Struktur, welche der der dreizehnten optischen Vorrichtung ähnlich ist. Bei der zwanzigsten optischen Vorrichtung umfasst die Distalend-Beleuchtungseinheit in einer Reihenfolge von der Fluoreszenzbeleuchtungs-Optiksystem-Seite ein erstes Ablenkungselement und ein zweites Ablenkungselement, welche in einer Ebene orthogonal zu einer Ebene vorgesehen sind, welche sowohl die optische Achse des Objektivs als auch die in die Distalend-Beleuchtungseinheit eintretende optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems enthält. Das erste Ablenkungselement lenkt die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems ab. Das zweite Ablenkungselement lenkt die durch das erste Ablenkungselement abgelenkte optische Achse ab, sodass die optische Achse schräg zur Probenoberfläche in einer die optische Achse des Objektivs enthaltenden Ebene verläuft.

Eine einundzwanzigste optische Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung besitzt eine Struktur, welche der der zwanzigsten optischen Vorrichtung ähnlich ist. Bei der einundzwanzigsten optischen Vorrichtung umfasst die Distalend-Beleuchtungseinheit weiterhin wenigstens zwei dritte Ablenkungselemente zum Ablenken der optischen Achse des Beleuchtungs-Optiksystems. Die wenigstens zwei dritten Ablenkungselemente sind näher an der Lichtquelle als das erste Ablenkungselement in einer Ebene senkrecht zu einer sowohl die in die Distalend-Beleuchtungseinheit einfallende optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems als auch die optische Achse des Objektivs enthaltenden Ebene angeordnet.

Der Betrieb der zwanzigsten und der einundzwanzigsten optischen Vorrichtung wird erläutert werden. Die zwanzigste optische Vorrichtung besitzt zwei Ablenkungselemente in der Distalend-Beleuchtungseinheit B in der dreizehnten optischen Vorrichtung. Wie in Teilen (a) und (b) von Fig. 8 gezeigt ist, welche eine Seiten- und eine Vorderansicht sind, wird in die Distalend-Beleuchtungseinheit B einfallendes Licht durch Prismen P4 und P5, welche Ablenkungselemente sind, auf die Probe 7 geleitet. Da die optische Achse von Beleuchtungslicht durch die Prismen P4 und P5 an eine von der optischen Achse des Objektivs 1 entfernten Position gesetzt werden kann, kann die Lichtquelle von der Betrachtungsvorrichtung entfernt angeordnet sein. Zusätzlich kann die Distalend-Beleuchtungseinheit B in einer kompakten Form aufgebaut sein.

Wie in Teilen (c) und (d) von Fig. 8 gezeigt ist, welche eine Seiten- und eine Vorderansicht sind, weist die einundzwanzigste optische Vorrichtung eine Struktur auf, bei der die Lichtquelle näher an der Probe 7 angeordnet ist als bei der zwanzigsten optischen Vorrichtung.

zigste optische Vorrichtung zwei auf der Lichtquellenseite des Prismas P4 als zusätzliche Ablenkungselemente angeordnete Prismen P2 und P3 auf, um eine Ablenkung durch die Prismen P2, P3, P4 und P5 in der genannten Reihenfolge zu wiederholen. Mit dieser Anordnung kann die Lichtquelle weiter von der Betrachtungsvorrichtung weg angeordnet werden, und der Freiheitsgrad für das Layout des optischen Beleuchtungswegs nimmt zu. Deshalb ist es möglich, die Distalend-Beleuchtungseinheit in einer kompakten Form aufzubauen, während die geforderte Beleuchtungsleistung beibehalten wird.

Eine zweiundzwanzigste optische Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung besitzt eine Struktur, welche der der dreizehnten optischen Vorrichtung ähnlich ist. Bei der zweiundzwanzigsten optischen Vorrichtung umfasst die Distalend-Beleuchtungseinheit ein optisches Element mit wenigstens zwei torischen Flächen.

Eine dreiundzwanzigste optische Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung besitzt eine Struktur, welche der der dreizehnten optischen Vorrichtung ähnlich ist. Bei der dreiundzwanzigsten optischen Vorrichtung umfasst die Distalend-Beleuchtungseinheit ein optisches Element mit wenigstens einer Fläche, welche bezüglich der optischen Achse asymmetrisch ist.

Der Betrieb der zweiundzwanzigsten und der dreiundzwanzigsten optischen Vorrichtung wird erläutert werden. Die zweiundzwanzigste optische Vorrichtung besitzt ein optisches Element mit zwei torischen Flächen in der Distalend-Beleuchtungseinheit B in der dreizehnten optischen Vorrichtung. Wie in Fig. 9 gezeigt ist, fällt in die Distalend-Beleuchtungseinheit eintretendes Beleuchtungslicht auf eine torische Linse B2 mit zwei torischen Flächen. Der Krümmungsradius einer Fläche der torischen Linse B2 und der der anderen Fläche können gleich oder voneinander verschieden sein. In einem Falle, in welchem der Krümmungsradius einer Fläche und der der anderen Fläche voneinander verschieden sind, wird ein durch die torische Linse B2 hindurchtretender Lichtstrahl elliptisch. Dementsprechend kann, selbst in einem Falle, bei welchem Beleuchtungslicht (Anregungslicht) der Probe 7 schräg zugeführt wird (schräge Beleuchtung), der Beleuchtungsbereich an der Probe 7 kreisförmig gemacht werden.

Die dreiundzwanzigste optische Vorrichtung besitzt ein optisches Element mit einer asymmetrischen Fläche in der Distalend-Beleuchtungseinheit B in der dreizehnten optischen Vorrichtung. Das optische Element liefert die gleiche Wirkung und den gleichen Effekt wie eine torische Linse. Bezüglich einer schrägen Beleuchtung weist die Anordnung der dreiundzwanzigsten optischen Vorrichtung ein hohes Aberrationskorrekturvermögen auf. Deshalb kann der Beleuchtungsbereich noch gleichförmiger beleuchtet werden.

Eine vierundzwanzigste optische Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung weist eine Struktur auf, welche der der zweiundzwanzigsten optischen Vorrichtung ähnlich ist. Die vierundzwanzigste optische Vorrichtung genügt den folgenden Bedingungen:

$$F_y < F_x$$

$$0.8 < (F_y/F_x)/\cos\theta < 1.2$$

Bei den obigen Bedingungen ist θ der zwischen der aus der Distalend-Beleuchtungseinheit B austretenden optischen Achse des Beleuchtungs-Optiksystems und der optischen Achse des Objektivs 1 gebildete Winkel. F_x ist die Brennweite der Distalend-Beleuchtungseinheit B in der Richtung der kleineren Achse eines an der Probe ausgebildeten elliptischen Beleuchtungsbereichs, wenn sie durch ein aus einem rotationssymmetrischen optischen System gebildeten Beleuchtungs-Optiksystem beleuchtet wird. F_y ist die Brennweite der Distalend-Beleuchtungseinheit B in der Richtung der größeren Achse des elliptischen Beleuchtungsbereichs, welche orthogonal zur Richtung der kleineren Achse ist.

Eine fünfundzwanzigste optische Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung weist eine Struktur auf, welche der der zweiundzwanzigsten optischen Vorrichtung ähnlich ist. Die fünfundzwanzigste optische Vorrichtung erfüllt die folgenden Bedingungen:

$$|M_y| < |M_x|$$

$$0.8 < (|M_y|/|M_x|)/\cos\theta < 1.2$$

Bei den obigen Bedingungen ist θ der zwischen der die Distalend-Beleuchtungseinheit B verlassenden optischen Achse des Beleuchtungs-Optiksystems und der optischen Achse des Objektivs gebildete Winkel. M_x ist die Projektionsvergrößerung des optischen Systems der Distalend-Beleuchtungseinheit B in der Richtung der kleineren Achse eines an der Probe ausgebildeten elliptischen Beleuchtungsbereichs, wenn sie unter dem Winkel θ mit einem rotationssymmetrischen optischen System beleuchtet wird, welche erhalten wird durch $M_x = I/I_x'$, wobei I die Probe ist und I_x' ein Probenabbild ist, welches durch die Distalend-Beleuchtungseinheit B gebildet wird. M_y ist die Projektionsvergrößerung des optischen Systems der Distalend-Beleuchtungseinheit B in der Richtung der größeren Achse des elliptischen Beleuchtungsbereichs, welche orthogonal zur Richtung der kleineren Achse ist. Die Projektionsvergrößerung M_y wird erhalten durch $M_y = I/I_y'$, wobei I die Probe ist und I_y' ein durch die Distalend-Beleuchtungseinheit B gebildetes Probenabbild.

Der Betrieb der vierundzwanzigsten und der fünfundzwanzigsten optischen Vorrichtung wird erläutert werden. In einem Fall, in welchem das Beleuchtungs-Optiksystem aus einem rotationssymmetrischen kreisförmigen optischen Element gebildet ist und Beleuchtungslicht schräg der Probe zugeführt wird, wird der Beleuchtungslichtstrahl an der Probe elliptisch. Dagegen ist der Betrachtungsbereich kreisförmig. Somit stimmen der Beleuchtungsbereich (elliptisch) und der Betrachtungsbereich (kreisförmig) nicht miteinander überein. Dementsprechend ist die Distalend-Beleuchtungseinheit der optischen Vorrichtung derart angeordnet, dass sie die oben beschriebenen Bedingungen erfüllt, wodurch der Beleuchtungsbereich in einer näherungsweise kreisförmigen Gestalt ausgebildet werden kann. Als Folge kann eine Beleuchtung mit zufriedenstellend hoher Effizienz bewirkt werden, selbst wenn die ausgangsseitige optische Achse der Distalend-Beleuchtungseinheit bezüglich der optischen Achse des Objektivs geneigt ist.

Eine sechsundzwanzigste optische Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung besitzt eine Struktur, welche der der dreizehnten optischen Vorrichtung ähnlich ist. Die sechsundzwanzigste optische Vorrichtung erfüllt die folgende Bedingung:

$$0.7 \leq F_{ob}/F \leq 1.2$$

wobei F die Brennweite des optischen Systems der Distalend-Beleuchtungseinheit und F_{ob} die Brennweite des Objektivs ist.

Eine siebenundzwanzigste optische Vorrichtung besitzt eine Struktur, welche der dreizehnten optischen Vorrichtung ähnlich ist. Die siebenundzwanzigste optische Vorrichtung erfüllt die folgende Gleichung:

$$0.5 \leq S_{ob}/S \leq 1.4$$

wobei S das Flächenmaß eines durch die Distalend-Beleuchtungseinheit beleuchteten Bereichs ist und S_{ob} das Flächenmaß eines mit dem Objektiv betrachteten Bereichs ist.

Der Betrieb der sechsundzwanzigsten und der siebenundzwanzigsten optischen Vorrichtung wird erläutert werden. Das Objektiv der optischen Vorrichtung ist austauschbar. Dementsprechend verändern sich der Betrachtungsbereich und der Arbeitsabstand, wenn ein anderes Objektiv verwendet wird. Deshalb ist es wünschenswert, dass die Distalend-Beleuchtungseinheit für jedes bestimmte verwendete Objektiv austauschbar sein sollte. In diesem Falle kann, falls die Distalend-Beleuchtungseinheit die obige Bedingung erfüllt, eine Koehler-Beleuchtung in einem Zustand durchgeführt werden, in welchem der Beleuchtungsbereich und die Beleuchtungsintensität von Beleuchtungslicht optimal angepasst sind, selbst wenn der Betrachtungsbereich und der Arbeitsabstand sich als Folge eines Austauschs von Objektiven ändern.

Eine achtundzwanzigste optische Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung besitzt eine Struktur, welche der dreizehnten optischen Vorrichtung ähnlich ist. Bei der achtundzwanzigsten optischen Vorrichtung wird ein Bereich einer Linseneinheit des Objektivs, welche der Probe am nächsten liegt, als eine Linseneinheit der Distalend-Beleuchtungseinheit verwendet.

Der Betrieb der achtundzwanzigsten optischen Vorrichtung wird erläutert werden. Die Distalend-Beleuchtungseinheit ist nahe des Außenumfanges des Objektivs angeordnet. Somit sind die horizontale Position der Linse des Objektivs, welche der Probe am nächsten liegt, und die der Linseneinheit der Distalend-Beleuchtungseinheit näherungsweise gleich. Dementsprechend kann durch Vergrößern des Durchmessers der Linse des Objektivs, welche der Probe am nächsten ist, ein Umfangsabschnitt des Objektivs als eine Linseneinheit der Distalend-Beleuchtungseinheit verwendet werden.

Mit dieser Anordnung können die optische Achse der Distalend-Beleuchtungseinheit und die optische Achse des Objektivs miteinander an der Probe in Übereinstimmung gebracht werden.

Eine neunundzwanzigste optische Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung besitzt eine Struktur, welche der dreizehnten optischen Vorrichtung ähnlich ist. Die neunundzwanzigste optische Vorrichtung besitzt einen Rahmen zum Halten einer Probe und einen am Rahmen eingebauten Stab. Die optische Vorrichtung besitzt weiter eine Fokussiereinheit, welche an dem Stab gehalten ist, um den Abstand zwischen der Probe und dem Objektiv zu ändern. Die Fokussiereinheit hält die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung. Die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung hält die Betrachtungsvorrichtung.

Der Betrieb der neunundzwanzigsten optischen Vorrichtung ist der gleiche wie der oben bezüglich der vierten optischen Vorrichtung genannte.

Eine dreißigste optische Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung besitzt eine Struktur, welche der dreizehnten optischen Vorrichtung ähnlich ist. Bei der dreißigsten optischen Vorrichtung sind die Betrachtungs-Optiksystemeinheit und die Abbildungs-Optiksystemeinheit jeweils aus einem Paar von Linseneinheiten gebildet. Das Paar von Linseneinheiten ist bezüglich der optischen Achse des Objektivs parallel und symmetrisch angeordnet.

Der Betrieb der dreißigsten optischen Vorrichtung ist der gleiche wie der oben in Bezug auf die fünfte optische Vorrichtung genannte.

Eine einunddreißigste optische Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung weist eine Struktur auf, welche der dreizehnten optischen Vorrichtung ähnlich ist. Bei der einunddreißigsten optischen Vorrichtung sind das Objektiv, die Betrachtungs-Optiksystemeinheit und die Abbildungs-Optiksystemeinheit jeweils aus einem Paar von Linseneinheiten gebildet. Jedes Paar von Linseneinheiten ist unter zu einer zur Probenoberfläche orthogonalen Achse und bezüglich der Achse symmetrisch geneigt angeordnet.

Der Betrieb der einunddreißigsten optischen Vorrichtung ist der gleiche wie der oben in Bezug auf die sechste optische Vorrichtung genannte.

Eine zweiunddreißigste optische Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung weist eine Struktur auf, welche der dreizehnten optischen Vorrichtung ähnlich ist. Bei der zweiunddreißigsten optischen Vorrichtung besitzt das Beleuchtungs-Optiksystem eine Sammellinseneinheit zum Sammeln von Licht von der Lichtquelle, eine erste Relaislinseneinheit zum Bilden eines ersten Abbildes der Lichtquelle sowie eine zweite Relaislinseneinheit zum Übertragen des ersten Abbildes der Lichtquelle. Eine Aperturblende ist in der Nähe des ersten Abbildes der Lichtquelle angeordnet. In der zweiten Relaislinseneinheit ist wenigstens eine bewegliche Linseneinheit vorgesehen.

Der Betrieb der zweiunddreißigsten optischen Vorrichtung wird erläutert werden. Wie in Fig. 6 gezeigt ist, besitzt das Beleuchtungs-Optiksystem eine Lichtquelle 13, eine Sammellinseneinheit G0 zum Sammeln von Licht von der Lichtquelle 13, eine erste Relaislinseneinheit G1 zum Bilden eines ersten Abbildes der Lichtquelle 13, eine zweite Relaislinseneinheit G2 zum Übertragen des ersten Abbildes der Lichtquelle 13 sowie eine Distalend-Beleuchtungseinheit B. Ein Anregungsfilter 23 zum selektiven Durchlassen von Licht von der Lichtquelle 13 ist in der ersten Relaislinseneinheit G1 vorgesehen. Eine Aperturblende AS ist in der Nähe des ersten Abbildes der Lichtquelle 13 angeordnet. Wenigstens eine bewegliche Linseneinheit L22 ist in der zweiten Relaislinseneinheit G2 vorgesehen und zum Bewegen der Linseneinheit L22 ist ein Bewegungsmechanismus 15' vorgesehen.

Mit dieser Anordnung kann die Position, an welche das zweite Abbild der Lichtquelle projiziert wird, näherungsweise in Übereinstimmung mit einer zur Pupillenposition des Betrachtungs-Optiksystems durch Bewegen der wenigstens einen beweglichen Linseneinheit L22 im Beleuchtungs-Optiksystem in Übereinstimmung gebracht werden, selbst wenn sich

der Betrachtungsbereich aufgrund eines Vergrößerungsänderungsvorgangs des Betrachtungs-Optiksystems verändert. Gleichzeitig verändert sich die Projektionsvergrößerung des Beleuchtungs-Optiksystems, sodass der Betrachtungsbereich und der Beleuchtungsbereich näherungsweise gleich werden. Dementsprechend kann eine Koehler-Beleuchtung durchgeführt werden, wie im Falle des herkömmlichen Systems. Somit ist es möglich, die gleiche Beleuchtungsleistung und Betriebsfähigkeit zu erhalten, wie im Falle des herkömmlichen Fluoreszenzmikroskops.

Eine dreiunddreißigste optische Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung besitzt eine Struktur, welche der der dreizehnten oder zweiunddreißigsten optischen Vorrichtung ähnlich ist. Bei der dreiunddreißigsten optischen Vorrichtung wird der Abstand zwischen der Sammellinseneinheit und der Lichtquelle verändert, um eine kritische Beleuchtung zu gestatten, bei welcher die Position, an welche das Abbild der Lichtquelle projiziert wird, und die Probe näherungsweise miteinander übereinstimmen.

Der Betrieb der dreiunddreißigsten optischen Vorrichtung ist der gleiche wie der oben in Bezug auf die zehnte optische Vorrichtung genannte.

Eine vierunddreißigste optische Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung besitzt eine Struktur, welche der der dreiunddreißigsten optischen Vorrichtung ähnlich ist. Bei der vierunddreißigsten optischen Vorrichtung ist die Sammellinseneinheit bezüglich der Lichtquelle unabhängig von einem Vergrößerungsänderungsvorgang des Betrachtungs-Optiksystems in der Betrachtungs-Optiksystemeinheit beweglich, und der Abstand D zwischen der Lichtquelle und einer der Lichtquelle nächstliegenden zur Probe konjugierten Position in dem Fluoreszenzbeleuchtungs-Optiksystem erfüllt die folgende Bedingung:

$$|D| \leq 3 \text{ Millimeter}$$

Der Betrieb der vierunddreißigsten optischen Vorrichtung ist der gleiche wie der oben in Bezug auf die elfte optische Vorrichtung genannte.

Als nächstes werden Beispiele der optischen Vorrichtungen gemäß der vorliegenden Erfindung erläutert werden.

(Beispiel 1)

Die Anordnung von Beispiel 1 der optischen Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ist in Fig. 10 gezeigt. Teil (a) von Fig. 10 ist eine Vorderansicht der optischen Vorrichtung, welche lediglich ein optisches System zur Betrachtung von Fluoreszenzlicht zeigt. Teil (b) von Fig. 10 ist eine Seitenansicht der gesamten optischen Vorrichtung. Teil (a) von Fig. 11 ist eine Seitenansicht, welche die Anordnung der optischen Vorrichtung gemäß Beispiel 1 zeigt, wenn keine Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung verwendet wird. Teil (b) von Fig. 11 zeigt die Anordnung eines Rahmensockels, welcher in der optischen Vorrichtung gemäß Beispiel 1 verwendet wird.

Die optische Vorrichtung gemäß Beispiel 1 besitzt einen Rahmen 10, einen Rahmensockel 14, einen Stab 11, eine Fokussiereinheit 19, eine Betrachtungsvorrichtung C sowie eine Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A.

Der Rahmen 10 dient als Plattform zum Halten einer Probe 7 und dient weiterhin dazu, den Stab 11 durch den Rahmensockel 14 zu halten. Wie in Teil (b) von Fig. 11 gezeigt ist, ist der Rahmensockel 14 mit zwei Einführungsöffnungen versehen, um den Stab 11 einzuführen. Die Gestalt eines jeden Einführungslochs stimmt mit der Gestalt des Stabs 11 überein, welche kreisförmig oder polygonal sein kann.

In einem Zustand, in welchem der Rahmensockel 14 am Rahmen 10 angebracht ist, wird ein Einführungsloch 14a, welches an einer von einer Probe 7 entfernten Position vorgesehen ist, verwendet, wenn die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A verwendet wird. Demgegenüber wird ein an einer der Probe 7 näheren Position vorgesehenes Einführungsloch 14b verwendet, wenn die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A nicht verwendet wird. Der Abstand zwischen dem Einführungsloch 14a und dem Einführungsloch 14b ist derart festgelegt, dass ungeachtet dessen, ob die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A verwendet wird oder nicht, die Betrachtungsvorrichtung C direkt oberhalb der an derselben Position am Rahmen 10 angeordneten Probe 7 gelegen ist. Dementsprechend, wie durch Vergleich von Teil (a) von Fig. 10, welcher einen Zustand zeigt, bei dem die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A verwendet wird, und Teil (a) von Fig. 11, welcher einen Zustand zeigt, bei dem die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A nicht verwendet wird, kann die Probe 7 durch die Betrachtungsvorrichtung C betrachtet werden, ohne die Position der Probe 7 in einen der zwei Zustände zu bewegen.

Optische Vorrichtungen des in Fig. 10 gezeigten Typs umfassen einen, bei welchem im Rahmen 10 ein optisches Durchlicht-Beleuchtungssystem vorgesehen ist, um die Probe 7 von Seiten des Rahmens 10 zu beleuchten, um dadurch eine Betrachtung unter Durchlichtbeleuchtung zu gestatten. In einer derartigen optischen Vorrichtung kann die Position der Probe 7 nicht bewegt werden, da durch die optische Achse des Durchlicht-Beleuchtungssystems bestimmt wird, wo die Probe 7 angeordnet ist. Somit ist es möglich, ohne weiteres zwischen Fluoreszenzbetrachtung und Betrachtung unter Durchlichtbeleuchtung zu wechseln, falls die optische Vorrichtung derart angeordnet ist, dass die Position der Probe 7 an einer festen Stelle gehalten ist, ungeachtet dessen, ob die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung verwendet wird oder nicht, selbst in dem Fall einer Betrachtungsvorrichtung mit einem Durchlicht-Beleuchtungs-Optiksystem.

Die Anordnung kann derart sein, dass der Rahmensockel 14 mit lediglich einem Einführungsloch versehen ist, und wenn die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A verwendet wird, wird ein gerader Stab verwendet, wohingegen wenn die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A nicht verwendet wird, ein gekrümmter Stab 11' verwendet wird, wie durch die gestrichelten Linien gezeigt ist. Die Fokussiereinheit 19 ist an dem Stab 11 angebracht. Die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A ist an der Fokussiereinheit 19 angebracht und die Betrachtungsvorrichtung C ist an der Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A angebracht. Es sollte angemerkt werden, dass die Betrachtungsvorrichtung C direkt an der Fokussiereinheit 19 angebracht werden kann, ohne die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A zu verwenden, wie oben gesagt wurde. In diesem Falle ist die Anordnung die gleiche wie jene der herkömmlichen optischen Vorrichtung, mit welcher eine Fluoreszenzbetrachtung nicht durchgeführt wird. Die Fokussiereinheit 19 ist mit einem Fokussierknopf 19a versehen. Eine Drehung des Fokussierknopfs 19a lässt die Fokussiereinheit 19 entlang des Stabes 11 auf den Rahmen 10

zu oder von diesem weg bewegen. Entsprechend der Bewegung der Fokussiereinheit 19 ändert sich der Abstand zwischen der Probe 7 und der Betrachtungsvorrichtung C und somit kann der Fokuszustand eingestellt werden.

Die Betrachtungsvorrichtung C besitzt ein Objektiv 1, eine Betrachtungs-Optiksystemeinheit 2 und eine Abbildungs-Optiksystemeinheit 9. Die Betrachtungs-Optiksystemeinheit 2 besitzt ein Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem und kann weiterhin, je nach den Umständen, ein Relais-Optiksystem und ein den optischen Weg teilendes Prisma aufweisen. Derartige optische Systembauteile bilden ein Betrachtungs-Optiksystem als Ganzes. Die Abbildungs-Optiksystemeinheit 19 besitzt eine abbildende Linse 3 und ein Okular 4. Diese Linsen können in eine Einheit integriert sein. Alternativ können die abbildende Linse 3 und das Okular 4 als gesonderte Einheiten ausgebildet sein, welche miteinander verbunden sind, um eine Abbildungs-Optiksystemeinheit zu bilden.

Die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A weist eine Lichtquelle 13 und ein Beleuchtungs-Optiksystem auf. Das Beleuchtungs-Optiksystem umfasst eine Sammellinseneinheit 16, zusammen mit einer Mehrzahl von Linseneinheiten, einer Blende sowie reflektierende Elemente. Ein reflektierendes Element 6 ist zwischen dem Objektiv 1 und der Betrachtungs-Optiksystemeinheit 2 vorgesehen, um Beleuchtungslicht von der Lichtquelle 13 zur Probe 7 zuzuführen. Das reflektierende Element 6 ist an einem Umfangsabschnitt des Objektivs 1 derart angeordnet, dass es bezüglich einer optischen Achse 12 der Betrachtungsvorrichtung C (optische Achse des Objektivs 1) außermittig angeordnet ist. Da das reflektierende Element 6 an einer Position angeordnet ist, welche dem Außenbereich eines durch die Betrachtungs-Optiksystemeinheit 2 und die Abbildungs-Optiksystemeinheit 9 bestimmten Betrachtungsfeldes entspricht, wird es die Betrachtung der Probe 7 nicht stören. Es ist vom Standpunkt der Bedienung her bevorzugt, dass das reflektierende Element 6 mit der Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A integriert ausgeführt sein sollte. Jedoch kann das reflektierende Element 6 von der Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A gesondert sein.

Bei der optischen Vorrichtung gemäß Beispiel 1 ist zwischen der Lichtquelle 13 und dem reflektierenden Element 6 ein Anregungsfilter 8 vorgesehen.

Der Anregungsfilter 8 besitzt optische Eigenschaften, welche einen Durchgang lediglich von Licht in einem spezifischen Wellenlängenbereich im Beleuchtungslicht von der Lichtquelle 13 gestattet. Der durch den Anregungsfilter 8 selektiv durchgelassene spezifische Wellenlängenbereich wurde im Vorhinein zu einer in der Probe 7 verwendeten Fluoreszenzfarbe oder einem Fluoreszenzprotein passend ausgewählt, sodass von der Probe 7 kräftiges Fluoreszenzlicht ausgeht. Fluoreszenzlicht von der Probe 7 tritt durch das Objektiv 1 und durch die Betrachtungs-Optiksystemeinheit 2 hindurch und wird durch das Okular 4 der Abbildungs-Optiksystemeinheit 9 hindurch als ein Fluoreszenzabbild betrachtet. Zu dieser Zeit wird von der Probe Beleuchtungslicht (Anregungslicht) zusammen mit Fluoreszenzlicht reflektiert. Deshalb ist ein Absorptionsfilter 5 zwischen dem Objektiv 1 und der Abbildungs-Optiksystemeinheit 9 vorgesehen, um lediglich Licht in dem Wellenlängenbereich von Fluoreszenzlicht durchzulassen.

Somit tritt in der ersten optischen Vorrichtung Beleuchtungslicht zum Beleuchten der Probe 7 nicht durch die Betrachtungs-Optiksystemeinheit 2 hindurch. Dementsprechend tritt keine Autofluoreszenz vom Betrachtungs-Optiksystem in der Betrachtungs-Optiksystemeinheit 2 auf. Somit ist es möglich, ein Fluoreszenzabbild mit hohem Kontrast zu erhalten. Obwohl Beleuchtungslicht durch das Objektiv 1 hindurchtritt, ist dort, wo das Beleuchtungslicht hindurchtritt, ein Umfangsabschnitt des Objektivs 1, und das reflektierende Element 6 ist an einer Position angeordnet, welche dem Außenbereich eines durch die Betrachtungs-Optiksystemeinheit 2 und die Abbildungs-Optiksystemeinheit 9 bestimmten Betrachtungsfeldes entspricht. Somit besteht keine Möglichkeit, dass Autofluoreszenzlicht dem Fluoreszenzabbild überlagert wird, selbst falls Autofluoreszenz auftritt.

Darüber hinaus kann die Betrachtungsvorrichtung aus einem in günstiger Weise korrigierten optischen System gebildet sein, da jedes gewünschte glasartige Material frei gewählt sein kann, um die Linsen des Objektivs 1 und jene des Betrachtungs-Optiksystems zu bilden, ohne dass man sich um das Auftreten von Autofluoreszenz sorgen muss. In ähnlicher Weise ist die Intensität von Autofluoreszenzlicht im Vergleich zu Beleuchtungslicht sehr schwach, selbst falls Autofluoreszenz in der Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A auftritt. Deshalb tritt hinsichtlich Beleuchtung kein Problem auf. Dementsprechend kann jedes gewünschte glasartige Material frei gewählt werden, um das Beleuchtungs-Optiksystem zu bilden, ohne dass man sich um das Auftreten von Autofluoreszenz sorgen muss. Es ist daher möglich, das Beleuchtungs-Optiksystem aus einem in günstiger Weise korrigierten optischen System zu bilden.

Bei der optischen Vorrichtung gemäß Beispiel 1, wie in Fig. 10 gezeigt ist, ist der Absorptionsfilter 5 zwischen der Betrachtungs-Optiksystemeinheit 2 und der Abbildungs-Optiksystemeinheit 9 angeordnet. Der Absorptionsfilter 5 ist aus einer diskreten Einheit gesondert von der Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A ausgebildet. Wie in Fig. 1 gezeigt ist, kann der Absorptionsfilter 5 jedoch mit der Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A integriert ausgeführt sein. Diese Anordnung ist günstig, da ein Einbau und ein Entfernen der Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A in einfacher Weise durchgeführt werden kann.

Es besteht eine bestimmte Beziehung zwischen der Wellenlänge von Licht, welches zur Beleuchtung der Probe 7 verwendet wird, und der Wellenlänge von von der Probe 7 ausgesendetem Fluoreszenzlicht. Dementsprechend können die Filter leicht gewechselt werden, falls der Anregungsfilter 8 und der Absorptionsfilter 5 in eine Einheit integriert sind. Deshalb ist die Betriebsfähigkeit verbessert. In Fig. 12 sind der Anregungsfilter 8 und der Absorptionsfilter 5 in eine Filtereinheit integriert. Zusätzlich sind die Bauteile der Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A in Einheiten gemäß ihrer Funktionen ausgebildet, wie z. B. eine Lichtquelleneinheit, umfassend die Lichtquelle 13 und die Sammellinseneinheit 16, und eine Distalend-Beleuchtungseinheit, welche aus Linseneinheiten und reflektierenden Elementen gebildet ist.

In der in Fig. 12 gezeigten Anordnung sind der Anregungsfilter 8 und der Absorptionsfilter 5 in eine Einheit integriert. Da jedoch die Einheit optische Elemente wie z. B. Linseneinheiten, reflektierende Elemente und eine Blende umfasst, müssen diese optischen Elemente ebenfalls gewechselt werden, wenn der Anregungsfilter 8 und der Absorptionsfilter 5 gewechselt werden. Dementsprechend ist diese Anordnung nicht praktisch. Falls eine Filtereinheit lediglich aus dem Anregungsfilter 8 und dem Absorptionsfilter 5 gebildet ist, wie durch die gestrichelten Linien in Fig. 1 gezeigt ist, können die Filter in einfacher Weise gewechselt werden, wobei die anderen optischen Elementen so gelassen werden wie sie sind. Deshalb ist die in Fig. 1 gezeigte Anordnung günstig.

Fig. 13 zeigt ein Beispiel einer spezifischen Anordnung zum Austauschen des Anregungsfilters 8 und des Absorptions-

onsfilters 5 mit anderen Erreger- und Absorptionsfiltern. In diesem Beispiel bildet ein Element, welches eine Mehrzahl von Anregungsfiltern und eine Mehrzahl von Absorptionsfiltern hält, eine Filtereinheit, welche ausgebildet ist, in der Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung A zu drehen. In Teil (a) von Fig. 13 bezeichnet Bezugszeichen 40 einen Revolverkörper und Bezugszeichen 41 bezeichnet ein Wellenelement. Bezugszeichen 42, 44 und 46 bezeichnen Anregungsfilter und Bezugszeichen 43, 45 und 47 bezeichnen Absorptionsfilter. Die Filter sind mit gleichem Abstand am Umfang des Revolverkörpers 40 angeordnet. Der Anregungsfilter 42 und der Absorptionsfilter 43 sind derart angeordnet, dass sie über die Drehachse hinweg aufeinander zu weisen. Der Anregungsfilter 44 und der Absorptionsfilter 45 sind ebenfalls derart angeordnet, dass sie über die Drehachse hinweg aufeinander zu weisen, und gleiches gilt für den Anregungsfilter 46 und den Absorptionsfilter 47. Das Wellenelement 41 ist in ein durch den Revolverkörper 40 hindurch verlaufendes Loch eingeführt. Dementsprechend dreht der Revolverkörper 40 um das Wellenelement 41 als ein Drehzentrum.

Der Revolverkörper 40 zum Halten der Filter ist ein scheibenförmiges Element und weist eine Fläche und eine Dicke auf, welche ausreichend sind, um eine Mehrzahl von Anregungsfiltern und eine Mehrzahl von Absorptionsfiltern zu halten. Der Revolverkörper 40 weist die Anregungsfilter 42, 44 und 46 und die Absorptionsfilter 43, 45 und 47 auf, welche entlang des Umfangs des Revolverkörpers 40 vorgesehen sind. Wie in Teil (b) von Fig. 13 gezeigt ist, welche eine Schnittansicht ist, ist der Revolverkörper 40 mit Ausnehmungen 48 zur Aufnahme der jeweiligen Filter 42 bis 47 versehen. D. h. die Anzahl von Ausnehmungen 48 entspricht der Anzahl von Filtern 42 bis 47. Die Ausnehmungen 48 weisen jeweils einen Durchmesser auf, welcher geringfügig größer als der Außendurchmesser eines jeden Filters ist. Die Tiefe einer jeden Ausnehmung 48 ist derart festgelegt, dass, wenn der zugeordnete Filter darin aufgenommen ist, die Filterfläche nicht ein beträchtliches Maß über die Fläche des Revolverkörpers 40 vorsteht. Unterhalb einer jeden Ausnehmung 48 ist ein Loch 49 mit einem geringeren Durchmesser als dem der Ausnehmung 48 derart vorgesehen, dass es durch den Revolverkörper 40 verläuft. Somit sind die Anregungsfilter 42, 44 und 46 und die Absorptionsfilter 43, 45 und 47 jeweils durch einen Grenzabschnitt zwischen der Ausnehmung 48 und dem Loch 49 gehalten. Jeder Filter, jede Ausnehmung 48 und jedes Loch 49 weisen ausreichend große Durchmesser auf, damit Beleuchtungslicht und Fluoreszenzlicht durchtritt. Es sollte angemerkt werden, dass jeder Filter durch Verwendung eines herkömmlichen Verfahrens, z. B. durch Einfüllen eines Klebstoffes in die Lücke zwischen dem Filter und der Ausnehmung 48 oder durch Halten des Filters von oben mit einem Haltering oder dgl., gesichert ist.

In diesem Beispiel ist ein Revolver, welcher eine Mehrzahl von Anregungsfiltern und eine Mehrzahl von Absorptionsfiltern aufnimmt, in die Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung A im Vorhinein eingebaut und der Revolver wird gedreht, um eine notwendige Kombination aus einem Anregungsfilter und einem Absorptionsfilter gemäß der Wellenlänge eines zu betrachtenden Fluoreszenzabbildes auszuwählen. Auf diese Art werden die Filter gewechselt. Dementsprechend wird es unnötig, einen Vorgang des Einschubens oder Entfernens eines Anregungsfilters und eines Absorptionsfilters in die Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung A oder aus ihr heraus durchzuführen. Deshalb ist die Betriebsfähigkeit verbessert.

Fig. 14 zeigt ein weiteres Beispiel einer spezifischen Anordnung zum Auswechseln des Anregungsfilters 8 und des Absorptionsfilters 5 gegen andere Anregungs- und Absorptionsfilter. In diesem Beispiel bildet ein Element, welches einen Satz aus Anregungs- und Absorptionsfiltern hält, eine Filtereinheit, welche abnehmbar in die Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung A eingefügt ist. In Teilen (a) und (b) von Fig. 14 bezeichnet Bezugszeichen 50 einen Gleitelementkörper. Bezugszeichen 51 und 53 bezeichnen Anregungsfilter und Bezugszeichen 52 und 54 bezeichnen Absorptionsfilter.

Die Anregungsfilter 51 und 53 weisen voneinander verschiedene Spektraldurchlasseigenschaften auf. Beispielsweise besitzt der Anregungsfilter 51 Eigenschaften, welche einen Durchgang von Licht einer Wellenlänge von ca. 450 Nanometer gestattet. Der Anregungsfilter 53 besitzt Eigenschaften, welche einen Durchgang von Licht einer Wellenlänge von ca. 510 Nanometer erlaubt. Die Absorptionsfilter 52 und 54 besitzen ebenso voneinander verschiedene Spektraldurchlasseigenschaften. Der Absorptionsfilter 52 besitzt Eigenschaften, welche einen Durchgang von Licht im Wellenlängenbereich von von der Probe 7 ausgesendetem Fluoreszenzlicht gestatten, wenn sie von durch den Anregungsfilter 51 hindurchgehendem Licht angeregt wird. Der Absorptionsfilter 54 besitzt Eigenschaften, welche einen Durchgang von Licht im Wellenlängenbereich von von der Probe 7 ausgesendetem Fluoreszenzlicht gestatten, wenn sie von durch den Anregungsfilter 53 hindurchgehendem Licht angeregt wird.

Obwohl die oben beschriebenen Anregungsfilter und Absorptionsfilter Eigenschaften aufweisen, welche einen Durchgang von Licht in einem spezifischen Wellenlängenbereich gestatten, sollte angemerkt werden, dass jeder Filter Spektraldurchlasseigenschaften aufweisen kann, welche einen Durchgang von Licht in einer Mehrzahl von spezifischen Wellenlängenbereichen gestattet. Falls beispielsweise einem Anregungsfilter Eigenschaften gegeben sind, welche gestatten, dass eine Wellenlänge von ca. 450 Nanometer und eine Wellenlänge von ca. 510 Nanometer gleichzeitig hindurchgehen, kann die Probe 7 gleichzeitig mit zwei unterschiedlichen Wellenlängen beleuchtet werden. Dementsprechend ist es in einem Fall, bei welchem die Probe 7 mit einer Mehrzahl von Fluoreszenzfarben gefärbt ist, möglich, Fluoreszenzlicht von zwei Wellenlängen zu erzeugen. Falls ebenso einem Absorptionsfilter Wellenlängen gegeben sind, welche gestatten, dass Fluoreszenzlicht von zwei Wellenlängen gleichzeitig hindurchgeht, können gleichzeitig Fluoreszenzabbilder von zwei Farben betrachtet werden.

Der Gleitelementkörper 50 zum Halten von Filtern ist ein plattenförmiges Element und weist eine Fläche und eine Dicke auf, welche ausreichen, um einen Anregungsfilter und einen Absorptionsfilter zu halten. Wie in Teil (c) von Fig. 14 gezeigt ist, ist der Gleitelementkörper 50 mit zwei Ausnehmungen 55 versehen, welche in der Längsrichtung mit Abstand voneinander angeordnet sind. Die Ausnehmungen 55 weisen einen geringfügig größeren Durchmesser auf als der Außendurchmesser eines jeden der Anregungsfilter 51 und 53 sowie der Absorptionsfilter 52 und 54. Die Tiefe der Ausnehmungen 55 ist derart eingestellt, dass dann, wenn die Anregungsfilter 51 und 53 und die Absorptionsfilter 52 und 54 in den jeweiligen Ausnehmungen 55 untergebracht sind, die Oberflächen der Anregungsfilter 51 und 53 sowie der Absorptionsfilter 52 und 54 nicht von der Oberfläche des Gleitelementkörpers 50 in beträchtlichem Ausmaß vorstehen. Unter jeder Ausnehmung 55 ist ein Loch 66 mit einem geringeren Durchmesser als der der Ausnehmung 55 derart vorgesehen, dass es durch den Gleitelementkörper 50 hindurch zu verläuft. Somit sind die Anregungsfilter 51 und 53 und die Absorptionsfilter 52 und 54 jeweils durch einen Grenzabschnitt zwischen der Ausnehmung 55 und dem Loch 66 gehalten. Jeder Filter, jede Ausnehmung 55 und jedes Loch 66 besitzen ausreichend große Durchmesser, um Beleuchtungslicht

und Fluoreszenzlicht durchzulassen. Es sollte angemerkt werden, dass jeder Filter durch Verwendung eines herkömmlichen Verfahrens, z. B. durch Einfüllen eines Klebstoffs in den Spalt zwischen dem Filter und dem Loch 56 oder durch Halten des Filters von oben mit einem Haltering oder dgl., gesichert ist.

In diesem Beispiel ist eine Mehrzahl von Filtereinheiten entsprechend den Wellenlängen von zu betrachtenden Fluoreszenzabbildern vorbereitet und aus diesen wird eine notwendige Filtereinheit ausgewählt. Die ausgewählte Filtereinheit wird durch einen Gleitelementmechanismus oder dgl. abnehmbar in die Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung A eingefügt. Auf diese Art werden Filter gewechselt. Dementsprechend erfordert die in Fig. 13 gezeigte Anordnung dann, wenn ein Bedarf für eine neue Kombination aus einem Anregungsfilter und einem Absorptionsfilter besteht, einen Filterwechselvorgang, um einen Satz von Filtern zu entfernen und einen weiteren Satz von Filtern einzufügen, wohingegen es bei der in Fig. 14 gezeigten Anordnung ausreicht, lediglich eine weitere Filtereinheit vorzubereiten und es nicht erforderlich ist, Filter zu wechseln. Die Anordnung kann derart sein, dass die in Teilen (a) und (b) von Fig. 14 gezeigten Filtereinheiten in eine Filtereinheit integriert sind und man diese Filtereinheit in der Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung A gleiten lässt.

Mit der oben beschriebenen Anordnung ist es möglich, ohne weiteres die Probe 7 mit Anregungslicht einer benötigten Wellenlänge zu beleuchten. Es sollte angemerkt werden, dass in diesem Beispiel ein Schutzfilter F in der Betrachtungsanordnung C vorgesehen ist, sodass selbst dann, falls Anregungslicht von der Probe 7 in Richtung des Betrachters reflektiert wird, wenn die Probe 7 mit Anregungslicht beleuchtet wird, das reflektierte Anregungslicht den Betrachter nicht erreichen wird.

Fig. 15 ist eine ausführliche Darstellung der Anordnung des in der Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung A verwendeten optischen Systems. Eine Lichtquelle 13 und eine Sammellinseneinheit G0 bilden eine Lichtquelleneinheit. Beleuchtungslicht von einem Punkt an der optischen Achse der Lichtquelle 13 wird in einen näherungsweise parallelen Lichtstrahl durch die Sammellinseneinheit G0 umgewandelt. Es sollte angemerkt werden, dass die Lichtquelleneinheit mit einem Bewegungsmechanismus 15 versehen ist. Durch Bewegen der Sammellinseneinheit G0 in der Richtung der optischen Achse mit dem Bewegungsmechanismus 15 kann der Abstand zwischen der Lichtquelle 13 und der Sammellinseneinheit G0 verändert werden. Eine erste Relaislinseneinheit G1 fokussiert den aus der Sammellinseneinheit G0 austretenden Lichtstrahl, um ein erstes Abbild der Lichtquelle 13 zu bilden. In diesem Beispiel umfasst die erste Relaislinseneinheit G1 eine Linse L11 von positivem Brechungsvermögen, eine Linse L12 von negativem Brechungsvermögen, ein erstes reflektierendes Element (reflektierender Spiegel) M1 sowie eine Linse L13 von positivem Brechungsvermögen. Ein Anregungsfilter 8 ist in der ersten Relaislinseneinheit G1 zwischen dem ersten reflektierenden Element M1 und der Linse L13 von positivem Brechungsvermögen angeordnet. Dementsprechend geht dann, wenn Beleuchtungslicht von der Lichtquelle 13 durch den Anregungsfilter 8 hindurchtritt, lediglich Licht in einem spezifischen Wellenlängenbereich, welcher durch die Spektraldurchlasseigenschaften des Anregungsfilters 8 bestimmt wird, vom Anregungsfilter 8 aus, um Anregungslicht zu bilden. Es sollte angemerkt werden, dass der Anregungsfilter 8 gegen einen anderen Anregungsfilter 8' mit anderen Spektraldurchlasseigenschaften austauschbar ist.

In der ersten Relaislinseneinheit G1 bilden die Linse L11 von positivem Brechungsvermögen und die Linse L12 von negativem Brechungsvermögen ein afokales optisches System. Dementsprechend bleibt der von der Sammellinseneinheit G0 ausgehende näherungsweise parallele Lichtstrahl in der Form eines näherungsweise parallelen Lichtstrahls, selbst nach dem Hindurchtreten durch die Linsen L11 und L12. Da jedoch dieses optische System ein reduzierendes optisches System ist, geht der näherungsweise parallele Lichtstrahl davon mit einem reduzierten Strahlendurchmesser aus. Mit dieser Anordnung kann der Anregungsfilter 8 in seiner Größe verringert sein, da der Durchmesser des in den Anregungsfilter 8 einfallenden Lichtstrahls verringert ist.

In einem Fall, bei welchem ein Mehrlagenfilter als Anregungsfilter 8 verwendet wird, entstehen Probleme aus Eigenschaften, welche für den Mehrlagenfilter kennzeichnend sind. D. h. mit größer werdendem Einfallswinkel ändert sich die durch den Filter durchgelassene Wellenlänge in größerem Ausmaß und ebenso ändert sich die Durchlässigkeit in größerem Ausmaß. Falls jedoch ein reduzierendes afokales optisches System, wie in diesem Beispiel, verwendet wird, fällt ein axialer Lichtstrahl im Beleuchtungslicht von der Lichtquelle 13 orthogonal (d. h. parallel zur optischen Achse) auf den Anregungsfilter 8 ein, und ein außeraxialer Lichtstrahl fällt weiterhin auf den Anregungsfilter 8 unter einem kleinen Einfallswinkel ein (d. h. der Einfallswinkel ist bezogen auf die optische Achse klein). Somit ist es möglich, selbst falls ein Mehrlagenfilter als Anregungsfilter 8 verwendet wird, die Wirkung der verschiedenen oben beschriebenen Probleme betreffend den Einfallswinkel, welche für den Mehrlagenfilter kennzeichnend sind, zu minimieren.

Eine zweite Relaislinseneinheit G2 überträgt weiter das durch die erste Relaislinseneinheit G1 gebildete erste Abbild der Lichtquelle 13 und bildet ein zweites Abbild. Die zweite Relaislinseneinheit G2 umfasst eine Aperturblende AS, eine Linse L21 von positivem Brechungsvermögen, eine Linse L22 von positivem Brechungsvermögen, ein zweites reflektierendes Element M2 sowie eine Linse L23 von positivem Brechungsvermögen. Die zweite Relaislinseneinheit G2 besitzt weiterhin einen Bewegungsmechanismus 15', sodass die Linse L22 von positivem Brechungsvermögen durch den Bewegungsmechanismus 15' entlang der optischen Achse bewegt werden kann. Die in der zweiten Relaislinseneinheit G2 vorgesehene Aperturblende AS ist an oder nahe der Position des ersten Abbildes der Lichtquelle 13 angeordnet, um die Funktion des Einstellens der Intensität von Anregungslicht durchzuführen. Obwohl in diesem Beispiel die Aperturblende AS in der zweiten Relaislinseneinheit G2 enthalten ist, kann sie in der ersten Relaislinseneinheit G1 enthalten sein.

Von der Lichtquelle 13 ausgesendetes und in Richtung der Probe 7 durch das erste reflektierende Element M1 in der ersten Relaislinseneinheit G1 abgelenktes Beleuchtungslicht bildet ein erstes Abbild der Lichtquelle 13 an der Aperturblende AS. Beleuchtungslicht vom ersten Abbild der Lichtquelle 13 tritt durch die Linsen L21 und L22 von positivem Brechungsvermögen hindurch und wird durch das zwischen den Linsen L22 und L23 von positivem Brechungsvermögen angeordnete zweite reflektierende Element M2 in Richtung auf das Objektiv 1 abgelenkt. Das durch das zweite reflektierende Element M2 abgelenkte Beleuchtungslicht wird nach dem Hindurchtreten durch die Linse L23 von positivem Brechungsvermögen fokussiert, um ein zweites Abbild der Lichtquelle 13 zu bilden. Die Position des zweiten Abbildes der Lichtquelle 13 ist näherungsweise zur Pupillenposition des Betrachtungs-Optiksystems der Betrachtungs-Op-

tiksystemeinheit 2 konjugiert.

Um Beleuchtungslicht vom zweiten Abbild der Lichtquelle 13 in Richtung auf die Probe 7 zu richten, ist das reflektierende Element 6 zwischen dem Objektiv 1 und der Betrachtungs-Optiksystemeinheit 2 angeordnet. Das reflektierende Element 6 ist an einem Umfangsabschnitt des Objektivs 1 positioniert und bezüglich der optischen Achse des Objektivs 1, wie oben angemerkt, außermittig angeordnet. Die Position des reflektierenden Elements 6 entspricht dem Außenbereich des Betrachtungsfeldes, sodass das reflektierende Element 6 nicht zu sehen ist, wenn die Probe 7 betrachtet wird.

In einem Fall, in welchem eine Beleuchtung für eine Fluoreszenzbetrachtung von einer Position durchgeführt wird, welche von der optischen Achse des Objektivs verlagert ist, wie in diesem Beispiel, kann ein Umfangsabschnitt des Beleuchtungslichtstrahls in dem Objektiv 1 abgedunkelt sein, sodass er die Probe 7 nicht zu erreichen vermag, obwohl der Mittenabschnitt des Beleuchtungslichtstrahls die Probe 7 erreicht. Deshalb ist in diesem Beispiel der Pupillendurchmesser des Objektivs 1 vergrößert (d. h. es wird ein Objektiv mit großem Pupillendurchmesser verwendet), wodurch verhindert wird, dass Beleuchtungslicht im Objektiv 1 abgedunkelt wird, selbst wenn das Beleuchtungslicht in das Objektiv 1 in einem Zustand einfällt, in welchem die optische Achse des Beleuchtungslichts von der optischen Achse des Objektivs 1 verlagert ist.

Die Betrachtungs-Optiksystemeinheit 2 umfasst ein Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem. Da das Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem vereinheitlicht ist, ist es möglich, Veränderliche-Vergrößerung-Optiksysteme austauschbar zu verwenden, welche entsprechend den für Betrachtungen erforderlichen Vergrößerungen vorbereitet wurden. Alternativ ist es möglich, ein Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem austauschbar zu benutzen, welches eine Auswahl einer gewünschten Vergrößerung aus einer Mehrzahl von voreingestellten Vergrößerungen innerhalb eines Bereichs veränderlicher Vergrößerungen gestattet bzw. ein Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem zu benutzen, welches gestattet, dass die Vergrößerung innerhalb eines Bereichs veränderlicher Vergrößerung kontinuierlich verändert wird.

Somit gestattet die optische Vorrichtung gemäß dieses Beispiels, dass die Größe eines Betrachtungsabbilds durch das in der Betrachtungs-Optiksystemeinheit 2 vorgesehene Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem verändert wird. Wenn durch das Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem eine Veränderung der Vergrößerung vorgenommen wird, verändern sich Pupillenposition und Pupillendurchmesser des Betrachtungs-Optiksystems. Falls trotz der Veränderung der Vergrößerung des Betrachtungs-Optiksystems keine Veränderung im Beleuchtungs-Optiksystem der Fluoreszenzbeleuchtungs-vorrichtung A auftritt, ist die konjugierte Beziehung zwischen der Pupillenposition des Betrachtungs-Optiksystems nach der Vergrößerungsänderung und der Position des zweiten Abbilds der Lichtquelle 13 unerwünschterweise zerstört. Falls das zweite Abbild der Lichtquelle 13 nach der Vergrößerungsänderung mit der zur Pupillenposition des Betrachtungs-Optiksystems konjugierten Position nicht übereinzustimmen vermag, kann der notwendige Beleuchtungsbereich nicht zufriedenstellend beleuchtet werden. Alternativ wird ein unnötig weites Gebiet beleuchtet und der Beleuchtungswirkungsgrad ist verschlechtert. Deshalb wird in diesem Beispiel die Linse L22 von positivem Brechungsvermögen in der zweiten Relaislinseneinheit G2 in Richtung der optischen Achse durch den Bewegungsmechanismus 15' bewegt.

In Fig. 15 befindet sich die durch die gestrichelten Linien umgebene zweite Relaislinseneinheit G2 in einem Zustand, welcher dem Zustand der niedrigsten Vergrößerung des Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystems entspricht. In diesem Zustand ist die Linse L22 von positivem Brechungsvermögen in der Nähe des zweiten reflektierenden Elements M2 angeordnet. Der Zustand der zweiten Relaislinseneinheit G2, welcher dem Zustand größter Vergrößerung des Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystems entspricht, ist auf der rechten Seite der zweiten Relaislinseneinheit G2 von den gestrichelten Linien umgeben gezeigt. In diesem Falle hat sich die Linse L22 von positivem Brechungsvermögen entlang der optischen Achse zu einer Position in der Nähe der Linse L21 von positivem Brechungsvermögen entsprechend einer durch das Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem durchgeführten Vergrößerungsänderung bewegt. Somit kann in diesem Beispiel, da die Linse L22 von positivem Brechungsvermögen beweglich ist, die Position des zweiten Abbilds der Lichtquelle 13 in der Richtung der optischen Achse bewegt werden. Dementsprechend kann, selbst wenn von dem Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem eine Vergrößerungsänderung durchgeführt wird, die Position des zweiten Abbilds der Lichtquelle 13 nach der Vergrößerungsänderung näherungsweise mit der zur Pupillenposition des Betrachtungs-Optiksystems konjugierten Position in Übereinstimmung gebracht werden. Somit kann zu allen Zeiten eine Koehler-Beleuchtung durchgeführt werden. Die Bewegung der Linse L22 von positivem Brechungsvermögen bewirkt, dass sich die Übertragungsvergrößerung der zweiten Relaislinseneinheit G2 ändert. Dementsprechend kann die Größe des zweiten Abbilds der Lichtquelle 13 nach der Vergrößerungsänderung näherungsweise gleich dem Pupillendurchmesser des Betrachtungs-Optiksystems gemacht werden. Mit dieser Anordnung kann, selbst wenn sich der Betrachtungsbereich aufgrund einer durch das Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem durchgeführten Vergrößerungsänderung ändert, der Beleuchtungsbereich nach Maßgabe der Änderung des Betrachtungsbereichs geändert werden. Deshalb kann eine helle Fluoreszenzbetrachtung verwirklicht werden. Es sollte angemerkt werden, dass die Bewegung der Linse L22 von positivem Brechungsvermögen, da eine Veränderung der Vergrößerung des Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystems elektrisch oder mechanisch erfasst werden kann, mit der Vergrößerungsänderung des Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystems durch Übertragen von Information betreffend die erfasste Vergrößerungsänderung zu dem Bewegungsmechanismus 15' gekoppelt werden kann. In diesem Falle ist ebenso die Betriebsfähigkeit verbessert. Eine zu bewegendende Linse ist nicht notwendigerweise auf die Linse L22 von positivem Brechungsvermögen begrenzt, sondern anstelle der Linse L22 von positivem Brechungsvermögen kann eine andere Linse (ungeachtet dessen, ob das Brechungsvermögen positiv oder negativ ist) bewegt werden.

Als Linsendaten des optischen Systems sind Linsendaten betreffend ein Objektiv und ein Fluoreszenzbeleuchtungs-Optiksystem in Tabelle 1-1 gezeigt (weiter unter dargestellt) und die Werte der Paraxialgrößen des Fluoreszenzbeleuchtungs-Optiksystems sind in Tabelle 1-2 gezeigt. Die Brennweite Fob des in Tabelle 1-1 gezeigten Objektivs beträgt 75 Millimeter. Es sollte angemerkt werden, dass die Konfiguration von asphärischen Flächen in Tabelle 1-1 durch die folgende Gleichung gegeben ist (gleiches wird im Folgenden gelten):

$$z = (y^2/r)/[1 + \{1 - (K+1)(y/r)^2\}^{1/2}] + A_2y^2 + A_4y^4 + A_6y^6 + A_8y^8 + A_{10}y^{10}$$

wobei z eine optische Achse ist, für welche die Ausbreitungsrichtung von Licht als positive Richtung definiert ist; y ist ein Abstand von der optischen Achse in einer zur optischen Achse orthogonalen Richtung; r ist ein paraxialer Krümmungsradius; K ist eine konische Konstante; und A_2, A_4, A_6, A_8 und A_{10} sind jeweils asphärische Konstanten zweiter, vierter, sechster, achter und zehnter Ordnung.

In Tabelle 1-1 entsprechen die Flächennummern 1 bis 10 dem Objektiv 1 in Fig. 15 und die Flächennummern 11 bis 13 entsprechen dem reflektierenden Element 6, welches hier ein Reflexionsprisma ist. Dementsprechend ist die Fläche Nr. 11 eine Eintrittsfläche und die Fläche Nr. 12 ist eine reflektierende Fläche. Die Fläche Nr. 13 ist eine Austrittsfläche. Die Fläche-Nr. 11 und die dieser nachfolgenden Flächen sind um 15 Millimeter bezüglich der optischen Achse des Objektivs 1 außermittig angeordnet. Die Fläche Nr. 14 entspricht der Eintrittspupille des Objektivs 1. Die Flächen Nr. 16 bis 26 entsprechen der zweiten Relaislinseneinheit G2. Unter diesen entsprechen die Flächennummern 16 bis 17 der Linse L23 und die Fläche Nr. 18 entspricht dem zweiten reflektierenden Element M2. Die Flächen Nr. 19 bis 22 entsprechen der Linse L22. Die Fläche Nr. 23 bis 24 entsprechen dem Anregungsfilter 8 (in diesem numerischen Beispiel ist der Anregungsfilter 8 in der zweiten Relaislinseneinheit G2 angeordnet). Die Fläche Nr. 25 bis 26 entsprechen der Linse L21. Die Fläche Nr. 27 bis 30 entsprechen der ersten Relaislinseneinheit G1. Unter diesen entsprechen die Flächennummern 27 bis 28 der Linse L13 und die Flächen Nr. 29 bis 30 entsprechen der Linse L11. Weiterhin entsprechen die Flächen Nr. 31 bis 43 der Sammellinseneinheit G0. Unter diesen entsprechen die Flächen Nr. 31 bis 34 einem Infrarot-Ausschnittfilter.

Fig. 16 zeigt optische Strahlenverläufe des optischen Systems, basierend auf den in Tabelle 1-1 gezeigten Linsendaten, bei der niedrigsten, mittleren und größten Vergrößerung. Fig. 17 zeigt die Art und Weise, in welcher die optische Achse des Objektivs im optischen System und die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems voneinander verlagert sind.

Das in Tabelle 1-1 und Fig. 16 gezeigte Beleuchtungs-Optiksystem unterscheidet sich von dem in Fig. 15 gezeigten Beleuchtungs-Optiksystem in den folgenden Punkten. Der erste Punkt ist, dass ein Infrarot-Ausschnittfilter in der Sammellinseneinheit G0 des in Fig. 16 gezeigten Beleuchtungs-Optiksystems vorgesehen ist. Wenn Infrarotstrahlen der Probe 7 zugeführt werden, wird an der Oberfläche der Probe 7 Wärme erzeugt, welche einen Einfluss auf die Probe 7 ausübt. Deshalb ist ein Infrarot-Ausschnittfilter an einer Position nahe der Lichtquelle angeordnet.

Der zweite Punkt ist, dass in Fig. 16 die Linse L12 von negativem Brechungsvermögen nicht in der ersten Relaislinseneinheit G1 vorgesehen ist. Es ist im Wesentlichen wünschenswert, die Linse L12 von negativem Brechungsvermögen vorzusehen, um ein afokales System zu bilden. Falls jedoch der Strahlendurchmesser verringert werden kann und der Winkel des außeraxialen Lichtstrahls zur optischen Achse verringert werden kann, kann der Anregungsfilter 8 dort angeordnet werden, selbst falls Beleuchtungslicht kein paralleler Lichtstrahl ist. In diesem Falle kann die Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung A in ihrer Größe vorteilhaft verringert werden, da die Anordnung der ersten Relaislinseneinheit G1 vereinfacht werden kann.

Der dritte Punkt ist, dass in Fig. 16 der Anregungsfilter 8 in der zweiten Relaislinseneinheit G2 angeordnet ist. In Fig. 15 ist der Anregungsfilter 8 in der ersten Relaislinseneinheit G1 angeordnet, wohingegen er in Fig. 16 in der zweiten Relaislinseneinheit G2 angeordnet ist. Im Grunde kann der Anregungsfilter 8 an einem beliebigen Ort im Beleuchtungs-Optiksystem angeordnet sein, vorausgesetzt, dass der Strahlendurchmesser ausreichend klein ist und der Einfallswinkel des außeraxialen Lichtstrahls ausreichend klein ist, wie oben gesagt wurde. Fig. 16 zeigt diese Tatsache.

Der vierte Punkt ist, dass das reflektierende Element 6 ein Reflexionsprisma ist. Obwohl das reflektierende Element 6 in Fig. 15 ein reflektierender Spiegel ist, kann es, wie in Fig. 16 gezeigt ist, aus einem Reflexionsprisma gebildet sein. Da Beleuchtungslicht durch die reflektierende Fläche (Fläche Nr. 12) des Reflexionsprismas total reflektiert wird, kann der Verlust an Beleuchtungslichtmenge im Vergleich zum reflektierenden Spiegel verringert werden.

Wenn der Ausgangspupillendurchmesser des Objektivs mit d_1 bezeichnet ist und der Eingangspupillendurchmesser des Betrachtungs-Optiksystems mit d_2 bezeichnet ist, sollte das Verhältnis des Ausgangspupillendurchmessers d_1 zum Eingangspupillendurchmesser d_2 der folgenden Bedingung (1) genügen:

$$d_1 > 50 \text{ Millimeter} \\ d_1/d_2 > 1.5 \quad (1)$$

Die obige Bedingung macht den Eingangspupillendurchmesser des Objektivs 1 näherungsweise gleich dem Pupillendurchmesser des Objektivs des stereoskopischen Mikroskops. Zusätzlich wird es möglich, falls das Betrachtungs-Optiksystem derart gebildet ist, dass die Bedingung (1) bei einer geringen Vergrößerung der Größenordnung von etwa 10x erfüllt ist, eine Fluoreszenzbetrachtung mit einer sehr hohen numerischen Apertur verglichen mit herkömmlichen stereoskopischen Mikroskopen und den gewöhnlichen Fluoreszenzmikroskopen durchzuführen, obwohl es schwierig ist, eine stereoskopische Betrachtung zu verwirklichen.

Dieses Beispiel nimmt eine Anordnung an, in welcher eine Linse in der zweiten Relaislinseneinheit G2 bewegt wird. Dies wird getan, um zu gestatten, dass eine Koehler-Beleuchtung durchgeführt wird, selbst wenn durch das Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem eine Vergrößerungsänderung durchgeführt wird, wie oben gesagt wurde. Zusätzlich zur Koehler-Beleuchtung kann in diesem Beispiel ebenso eine kritische Beleuchtung durchgeführt werden. Um eine kritische Beleuchtung zu ermöglichen, ist ein Bewegungsmechanismus 15 vorgesehen und durch den Bewegungsmechanismus 15 wird die Sammellinseneinheit G0 bewegt, wodurch es möglich gemacht wird, den Abstand zwischen der Lichtquelle 13 und der Sammellinseneinheit G0 zu ändern. Wenn die Sammellinseneinheit G0 in Richtung der optischen Achse bewegt wird, bewegt sich ebenso die Position eines projizierten Abbilds der Lichtquelle 13 in der Richtung der optischen Achse. Schließlich fallen die Position, an welche das Abbild der Lichtquelle 13 projiziert wird, und die Oberfläche der Probe 7 zusammen, um eine kritische Beleuchtung bereitzustellen. Somit ist es in diesem Beispiel möglich, sowohl Koehler-Beleuchtung durchzuführen, welche gestattet, dass der gesamte Betrachtungsbereich gleichförmig beleuchtet wird, als auch kritische Beleuchtung durchzuführen, welche gestattet, dass der Zentralbereich des Betrachtungsbereichs noch heller beleuchtet wird. Dementsprechend kann entsprechend jeder bestimmten Betrachtungssituation eine optimale Beleuchtung durchgeführt werden. Im Besonderen kann ein Dunkelfluoreszenzabbild noch heller betrachtet werden, wenn das optische System derart eingestellt ist, dass es eine kritische Beleuchtung durchführt. Zusätzlich ist es

möglich, da Beleuchtungszustände vom einen zum andern einfach durch Bewegen der Sammellinseneinheit G0 geschaltet werden können, eine optische Vorrichtung mit ausgezeichneter Betriebsfähigkeit zu verwirklichen.

Die Veränderung des Abstands zwischen der Lichtquelle 13 und der Sammellinseneinheit G0 ist unabhängig von der Bewegung der Linse L22 von positivem Brechungsvermögen, welche sich nach Maßgabe eines Vergrößerungsänderungsvorgangs des Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystems bewegt. Wenn die Linse L22 von positivem Brechungsvermögen sich nach Maßgabe einer durch das Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem durchgeführten Vergrößerungsänderung bewegt, selbst falls die Position, an welche das Abbild der Lichtquelle 13 projiziert wird, und die Position der Oberfläche der Probe 7 vor der Vergrößerungsänderung miteinander übereinstimmen, stimmen dementsprechend die beiden Positionen nach der Vergrößerungsänderung nicht miteinander überein. Somit ist es nötig, um eine kritische Beleuchtung selbst nach der Vergrößerungsänderung durchzuführen, die Sammellinseneinheit G0 erneut zu bewegen. Es sollte angemerkt werden, dass, falls der Bewegungsmechanismus 15 und der Bewegungsmechanismus 15' in gekoppelter Beziehung zueinander angetrieben werden, es möglich ist, eine kritische Beleuchtung durchzuführen, während die Vergrößerung geändert wird.

Wenn eine kritische Beleuchtung durchgeführt wird, ist es wünschenswert, dass das aus dem Objektiv 1 und dem Beleuchtungs-Optiksystem gebildete optische System der folgenden Bedingung (2) genügt:

$$|DI| \leq 3 \text{ Millimeter} \quad (2)$$

In der obigen Bedingung ist D der Abstand zwischen der Lichtquelle 13 und einer zur Probe 7 konjugierten Position, welche der Lichtquelle 13 im Beleuchtungs-Optiksystem am nächsten liegt. Genauer ist D der Abstand von der Lichtquelle 13 zu der Position eines Abbildes der Probe 7, welches in dem Beleuchtungs-Optiksystem durch das aus dem Objektiv 1 und dem Beleuchtungs-Optiksystem gebildete optische System projiziert wird, welche eine zur Probe 7 konjugierte, der Lichtquelle 13 am nächsten gebildete Position ist. In Fig. 15 liegt die zur Probe 7 konjugierte Position zwischen der Lichtquelle 13 und der Sammellinseneinheit G0. Die zur Probe 7 konjugierte Position kann jedoch an der Seite der Lichtquelle 13 gebildet sein, welche von der Sammellinseneinheit G0 entfernt liegt. Es ist wünschenswert, dass diese Bedingung bei allen Vergrößerungen innerhalb des Bereichs veränderlicher Vergrößerungen des Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystems erfüllt ist.

Durch Anordnen des aus dem Objektiv 1 und dem Beleuchtungs-Optiksystem gebildeten optischen Systems derart, dass die Bedingung (2) erfüllt ist, können die Position der Lichtquelle 13 und die zur Probe 7 konjugierte Position miteinander durch lediglich geringfügiges Bewegen der Position der Lichtquelle 13 in Übereinstimmung gebracht werden. Als Folge ist es möglich, eine kritische Beleuchtung für die Probe 7 durchzuführen, während Licht bei einer hohen numerischen Apertur nahe der Lichtquelle 13 durch die Sammellinseneinheit G0 ohne Verschwendung hereingenommen wird. Falls die Bedingung (2) nicht erfüllt ist, befindet sich die Lichtquelle 13 zu nahe an der Sammellinseneinheit G0, sodass sich die Lichtquelle 13 und die Sammellinseneinheit G0 unerwünschterweise kontaktieren. Alternativ befindet sich die Lichtquelle 13 zu weit von der Sammellinseneinheit G0 entfernt, sodass es für die Sammellinseneinheit G0 unmöglich wird, den gesamten Lichtstrahl von der Lichtquelle 13 hereinzunehmen, was zu einem Verlust der Beleuchtungslichtmenge führt.

Um die Position der Lichtquelle 13 und die zur Probe 7 konjugierte Position miteinander in Übereinstimmung zu bringen, sollte die Lichtquelle 13 in Richtung der optischen Achse auf die zur Probe 7 konjugierte Position zu, welche der Lichtquelle 13 am nächsten liegt, bei jeder bestimmten Vergrößerung bewegt werden. Es ist jedoch tatsächlich schwierig, die Lichtquelle 13 zu bewegen. Somit ist zu bevorzugen, die Sammellinseneinheit G0 zu bewegen, sodass die zur Probe 7 konjugierte Position mit der Position der Lichtquelle 13 zusammenfällt. Es sollte angemerkt werden, dass das in Tabelle 1-1 gezeigte optische System eine kritische Beleuchtung bei jeder Vergrößerung durchführen kann, da, wie in Tabelle 1-2 gezeigt ist, der Wert von D (in Tabelle 1-2 ist D die Ausgangspupillenposition) der Bedingung (2) bei irgendeiner der niedrigsten, mittleren und größten Vergrößerung des Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystems genügt.

(Beispiel 2)

Beispiel 2 der optischen Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ist in Fig. 18 gezeigt. Bei der in Fig. 18 gezeigten optischen Vorrichtung sind die Betrachtungs-Optiksystemeinheit und die Abbildungs-Optiksystemeinheit der optischen Vorrichtung gemäß Beispiel 1 jeweils aus einem Paar von Linseneinheiten gebildet, und das Paar von Linseneinheiten ist parallel und symmetrisch bezüglich der optischen Achse des Objektivs angeordnet. Die optische Vorrichtung ist ein Galilei'sches stereoskopisches Mikroskop. Es sollte angemerkt werden, dass die optische Vorrichtung eine Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A, einen Rahmen 10, einen Rahmensockel 14, einen Stab 11 und eine Fokussiereinheit 19 benutzt, welche Anordnungen ähnlich jenen in Beispiel 1 aufweisen. Bei der Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A können die Bewegung der Sammellinseneinheit G0 und die Bewegung der beweglichen Linse in der zweiten Relaislinseneinheit G2 in der gleichen Weise wie in Beispiel 1 ausgeführt werden. Der Anregungsfilter 23 und die Absorptionsfilter 25L und 25R können durch teilweises Modifizieren der in Fig. 1 gezeigten Filtereinheit dazu ausgebildet sein, mit anderen Erreger- und Absorptionsfiltern austauschbar zu sein.

Da die optische Vorrichtung gemäß Beispiel 2 ein Galilei'sches stereoskopisches Mikroskop ist, sind die linke Linseneinheit (2L, 25L, 3L und 4L) und die rechte Linseneinheit (2R, 25R, 3R und 4R) an der linken bzw. rechten Seite einer optischen Achse des Objektivs 1 angeordnet, welche die Mittelachse des Objektivs 1 ist. Der Abstand zwischen der linken Linseneinheit und der optischen Achse und der Abstand zwischen der rechten Linseneinheit und der optischen Achse sind einander gleich. Das Paar von Linseneinheiten ist parallel zur optischen Achse des Objektivs 1 angeordnet.

Dementsprechend ist das Paar von Linseneinheiten symmetrisch bezüglich der optischen Achse des Objektivs 1. Mit dieser Anordnung ermöglicht es die optische Vorrichtung, die Probe 7 stereoskopisch zu betrachten.

In Beispiel 2 ist das Objektiv 1 aus einem einzelnen Objektiv gebildet, wie im Falle des Beispiels 1. Jedoch ist die Betrachtungs-Optiksystemeinheit 2 aus einem Paar von Betrachtungs-Optiksystemen 2L und 2R (links und rechts) gebildet.

In ähnlicher Weise ist die Abbildungs-Optiksystemeinheit 9 aus einem Paar von abbildenden Linsen 3L und 3R (links und rechts) und einem Paar von Okularen 4L und 4R (links und rechts) gebildet.

Somit sind bei der optischen Vorrichtung gemäß Beispiel 2 die Betrachtungs-Optiksystemeinheit und die Abbildungs-Optiksystemeinheit jeweils aus einem Paar von Linseneinheiten gebildet. Dementsprechend ist die optische Vorrichtung mit einem Paar von Absorptionsfiltern 25L und 25R (links und rechts) als zweite Wellenlängenauswahlelemente zum selektiven Durchlassen von Fluoreszenzlicht versehen. Deshalb tritt Fluoreszenzlicht von der Probe 7 durch das Objektiv 1 und tritt dann derart durch die linken Linseneinheiten und die rechten Linseneinheiten, dass es das linke und rechte Auge des Betrachters erreicht. Beleuchtungslicht zum Beleuchten der Probe 7 tritt nicht durch die Betrachtungs-Optiksystemeinheit 2 wie im Falle von Beispiel 1. Dementsprechend tritt keine Autofluoreszenz von den Betrachtungs-Optiksystemen 2L und 2R in der Betrachtungs-Optiksystemeinheit 2 auf. Deshalb ist es möglich, ein Fluoreszenzabbild mit hohem Kontrast zu erhalten. Obwohl Beleuchtungslicht durch das Objektiv 1 hindurchtritt, befindet sich dort, wo das Beleuchtungslicht hindurchtritt, ein Umfangsabschnitt des Objektivs 1 und ein reflektierendes Element 30 ist an einer Position angeordnet, welche dem Außenbereich eines durch die Betrachtungs-Optiksystemeinheit 2 und die Abbildungs-Optiksystemeinheit 9 bestimmten Betrachtungsfeldes entspricht. Daher besteht keine Möglichkeit, selbst falls Autofluoreszenz auftritt, dass Autofluoreszenzlicht dem Fluoreszenzabbild überlagert würde. Da jedes gewünschte glasartige Material frei ausgewählt werden kann, um die Linsen des Objektivs 1 und jene des Betrachtungs-Optiksystems zu bilden, ohne dass man sich um das Auftreten von Autofluoreszenz sorgen müsste, kann die Betrachtungsvorrichtung weiterhin aus einem in günstiger Weise korrigierten optischen System gebildet sein. In ähnlicher Weise ist die Intensität von Autofluoreszenzlicht verglichen mit Beleuchtungslicht sehr schwach, selbst falls Autofluoreszenz in der Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A auftritt. Daher treten hinsichtlich Beleuchtung keine Probleme auf. Dementsprechend kann jedes gewünschte glasartige Material zur Bildung des Beleuchtungs-Optiksystems frei gewählt werden, ohne dass man sich um das Auftreten von Autofluoreszenz sorgen müsste. Es ist daher möglich, das Beleuchtungs-Optiksystem aus einem in günstiger Weise korrigierten optischen System zu bilden.

In diesem Beispiel ist ein reflektierendes Element an einer von der optischen Achse des Objektivs 1 verlagerten Position angeordnet, um die Probe 7 wie im Falle von Beispiel 1 zu beleuchten. In dieser Hinsicht ist es wünschenswert, die Betrachtungs-Optiksystemeinheit 2 und die Abbildungs-Optiksystemeinheit 9 bezüglich des Objektivs 1 derart anzuordnen, dass eine die optischen Achsen der linken und der rechten Linseneinheit enthaltende Ebene von der optischen Achse des Objektivs 1 verlagert ist. Dies wird unten mit Bezugnahme auf Fig. 19 beschrieben werden.

Teil (a) von Fig. 19 ist ein Diagramm, welches eine Anordnung zeigt, bei welcher eine die optischen Achsen der linken und der rechten Linseneinheit enthaltende Ebene von der optischen Achse des Objektivs 1 verlagert ist. Die obere Figur in Teil (a) von Fig. 19 ist eine Schnittansicht des Objektivs 1, betrachtet aus der Richtung der Betrachtungs-Optiksystemeinheit, und die untere Figur ist eine Seitenansicht des Objektivs 1. Teil (b) von Fig. 19 ist ein Diagramm, welches eine Anordnung zeigt, bei welcher eine die optischen Achsen der linken und der rechten Linseneinheit enthaltende Ebene mit der optischen Achse des Objektivs 1 zusammenfällt. Die obere und die untere Figur in Teil (b) von Fig. 19 sind jenen in Teil (a) von Fig. 19 ähnlich. In Fig. 19 bezeichnet Bezugszeichen 1 ein Objektiv und Bezugszeichen 2L' und 2R' bezeichnen die Bereiche von Lichtstrahlen, welche durch die Betrachtungs-Optiksysteme geleitet werden, welche eine linke und eine rechte Einheit sind. Bezugszeichen O bezeichnet eine optische Achse des Objektivs 1. Bezugszeichen 30' bezeichnet den Bereich eines Anregungslichtstrahls, welcher durch das reflektierende Element 30 geleitet wird. Bezugszeichen U' und L' bezeichnen Randstrahlen des Anregungslichtstrahls. Bezugszeichen E bezeichnet eine zur Pupillenposition eines jeden der Betrachtungs-Optiksysteme 2L und 2R konjugierte Position. Bezugszeichen X bezeichnet ein lichtblockierendes Element.

In einem Fall, in welchem man Anregungslicht von der Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A auf das Objektiv 1 einfallen lässt, um die Probe 7 zu beleuchten, ist es, um denselben Bereich wie den Betrachtungsbereich zu beleuchten, notwendig, dass man die Strahlen von Anregungslicht auf das Objektiv 1 in demselben Winkel einfallen lässt, wie jenen von Strahlen, die durch die Pupille eines jeden der Betrachtungs-Optiksysteme 2L und 2R hindurchtreten. Strahlen von Anregungslicht, welche auf das Objektiv 1 unter dem größten Winkel zur optischen Achse des Objektivs 1 einfallen, sind die Randstrahlen des Anregungslichtstrahls. Somit ist es wünschenswert, dass die Randstrahlen nicht im Objektiv 1 abgedunkelt werden. Dementsprechend sind in diesem Beispiel, wie in Teil (a) von Fig. 19 gezeigt ist, die Bereiche 2L' und 2R' von Lichtstrahlen, welche durch die Betrachtungs-Optiksysteme 2L und 2R geleitet werden, derart angeordnet, dass sie durch Umfangsabschnitte hindurchtreten, welche ein wenig entfernt von der optischen Achse O des Objektivs 1 liegen, sodass der Bereich 30' des vom reflektierenden Element 30 geleiteten Lichtstrahls so nahe wie möglich am Zentralbereich des Objektivs 1 hindurchtritt. In diesem Zustand ist eine die optischen Achsen der Betrachtungs-Optiksysteme 2L und 2R verbindende gedachte Linie von der optischen Achse O des Objektivs 1 verlagert. Somit ist eine die optischen Achsen der Betrachtungs-Optiksysteme 2L und 2R enthaltende Ebene von der optischen Achse des Objektivs 1 verlagert. Mit dieser Anordnung kreuzt der Strahl L' aus den Randstrahlen des Anregungslichtstrahls die optische Achse O des Objektivs 1 unmittelbar nach dem Eintritt in das Objektiv 1 und erreicht ein Ende des Beleuchtungsbereichs. Andererseits liegt die Einfallsposition des Randstrahls U' in der Nähe der Mitte zwischen der optischen Achse O des Objektivs 1 und des Außenumfangs desselben. Daher tritt der Strahl U' in der Nähe des Außenumfangs des Objektivs 1 hindurch, während er durch die Linsen im Objektiv 1 gebrochen wird, und erreicht das andere Ende des Beleuchtungsbereichs. Dementsprechend besteht keine Möglichkeit, dass Anregungslicht im Objektiv 1 verdunkelt wird.

Andererseits, in einem Fall, in welchem die Betrachtungs-Optiksystemeinheit 2 und die Abbildungs-Optiksystemeinheit 9 derart angeordnet sind, dass eine die optischen Achsen der Betrachtungs-Optiksysteme 2L und 2R verbindende gedachte Linie mit der optischen Achse O des Objektivs 1 zusammenfällt, wie in Teil (b) von Fig. 19 gezeigt ist, kreuzt der Randstrahl L' des Anregungslichtstrahls die optische Achse O des Objektivs 1, nachdem er in dieses eingefallen ist und erreicht ein Ende des Beleuchtungsbereichs. Jedoch befindet sich die Einfallsposition des Randstrahls U' in der Nähe des Außenumfangs des Objektivs 1. Deshalb kommt der Strahl U', selbst falls er durch die Linsen im Objektiv 1 gebrochen wird, unerwünschterweise aus dem Außenumfang des Objektivs 1 im Verlauf des Strahlengangs heraus, und vermag das andere Ende des Beleuchtungsbereichs nicht zu erreichen. Somit wird Beleuchtungslicht im Objektiv 1 unerwünschter-

weise abgedunkelt.

Wie oben gesagt wurde, kann in einer optischen Vorrichtung mit einem Paar von Linseneinheiten für jede aus der Betrachtungs-Optiksystemeinheit und der Abbildungs-Optiksystemeinheit, wie in einem Galilei'schen stereoskopischen Mikroskop, der gesamte Betrachtungsbereich beleuchtet werden durch Anordnen der Betrachtungs-Optiksystemeinheit 2 und der Abbildungs-Optiksystemeinheit 9 derart, dass eine die optischen Achsen des Paares von Linseneinheiten enthaltende Ebene von der optischen Achse des Objektivs 1 verlagert ist. Diese Anordnung ist besonders effektiv während einer Betrachtung bei einer niedrigen Vergrößerung mit einem großen Einfallswinkel. Zusätzlich, da aus einer Position nahe der optischen Achse des Objektivs 1 beleuchtet wird, wird der Probe 7 Anregungslicht bei einem Winkel nahe von 90° zur Oberfläche der Probe 7 zugeführt. Dementsprechend kann eine Beleuchtung vorteilhafterweise mit reduziertem Schatten durchgeführt werden.

Es sollte angemerkt werden, dass eine Beleuchtung mit weiter verringertem Schatten verwirklicht werden kann durch Anordnen einer Mehrzahl von geteilten reflektierenden Elementen, von denen jedes eine kleine Fläche an einem Umfangsabschnitt des Objektivs 1 aufweist, um dadurch die Probe 7 aus einer Mehrzahl von unterschiedlichen Richtungen zu beleuchten. Wenn der Bereich 30' des durch das reflektierende Element 30 geleiteten Anregungslichtstrahls näher an die optische Achse O des Objektivs 1 gebracht wird, bewegen sich die Bereiche 2L' und 2R' der durch die Betrachtungs-Optiksysteme 2L und 2R geleiteten Lichtstrahlen näher an den Umfang des Objektivs 1. Folglich nimmt der Abstand zwischen den optischen Achsen der Betrachtungs-Optiksysteme 2L und 2R unerwünschterweise zu. Dies verursacht, dass in die Betrachtungs-Optiksysteme 2L und 2R eintretendes Fluoreszenzlicht im Objektiv 1 verdunkelt wird. Es ist deshalb wünschenswert, durch Erhöhen des effektiven Durchmessers des Objektivs 1 oder durch Verwendung eines Objektivs mit einer anderen Pupillenposition zu verhindern, dass der Beleuchtungsbereich und der Betrachtungsbereich verdunkelt werden.

Falls ein lichtblockierendes Element X derart angeordnet ist, dass es das reflektierende Element 30 umgibt, wie in Teil (b) von Fig. 19 gezeigt ist, ist es möglich zu verhindern, dass von der Oberfläche des Objektivs 1 reflektiertes Anregungslicht und durch Autofluoreszenz erzeugtes Anregungslicht in die Bereiche 2L' und 2R' der Lichtstrahlen eintritt, welche durch die Betrachtungs-Optiksysteme 2L und 2R geleitet werden. In diesem Beispiel kann ebenso das auf den in Tabellen 1-1 und 1-2 gezeigten Linsendaten basierende Beleuchtungs-Optiksystem, welches in Beispiel 1 gezeigt ist, in der Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A verwendet werden, wie oben gesagt wurde. Die Werte von Paraxialgrößen des Objektivs in diesem Beispiel, welches in Kombination mit dem Beleuchtungs-Optiksystem verwendet wird, sind in Tabelle 1-3 gezeigt. Tabelle 1-4 zeigt die Paraxialgrößen eines betrachtungsseitigen optischen Systems einschließlich des Objektivs 1, der Betrachtungs-Optiksystemeinheit 2 und der Abbildungs-Optiksystemeinheit 9.

In diesem Beispiel kann ebenso, wenn eine Vergrößerungsänderung durch das Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem durchgeführt wird, der Beleuchtungsbereich nach Maßgabe einer Veränderung des Betrachtungsbereichs durch Bewegen einer Linse in der Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A mit dem Bewegungsmechanismus 15' entsprechend der Vergrößerungsänderung verändert werden. Fig. 20 zeigt, wie die Linse in der Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A durch den Bewegungsmechanismus 15' bewegt wird. Die Betrachtungs-Optiksystemeinheit 2 ist mit einem Veränderliche-Vergrößerung-Knopf 2' zum Verändern der Vergrößerung durch Bewegen von Linsen in den Betrachtungs-Optiksystemen 2L und 2R versehen, von denen jede ein Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem umfasst. Der Veränderliche-Vergrößerung-Knopf 2' besitzt eine Drehwelle, welche in der Figur schraffiert ist, und dreht in den durch Doppelpfeil bezeichneten Richtungen. In Antwort auf die Drehung des Knopfes 2' bewegen sich die Linsen in den Betrachtungs-Optiksystemen 2L und 2R in Richtung der optischen Achse, um eine Vergrößerungsänderung zu bewirken. Die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A ist weiterhin mit einem Bewegungsmechanismus 15' zur Bewegung einer Linse versehen. Der Bewegungsmechanismus 15' besitzt eine Drehwelle, welche in der Figur schraffiert ist, und dreht in den durch Doppelpfeil angezeigten Richtungen, wie im Falle des Veränderliche-Vergrößerung-Knopfes 2'. In diesem Beispiel ist zwischen dem Veränderliche-Vergrößerung-Knopf 2' und dem Bewegungsmechanismus 15' ein Gurt Y vorgesehen, um die Drehung des Veränderliche-Vergrößerung-Knopfes 2' zum Bewegungsmechanismus 15' zu übertragen. Mit dieser Anordnung bewegen sich die Linsen in den Betrachtungs-Optiksystemen 2L und 2R in der Richtung der optischen Achse, wenn der Betrachter den Veränderliche-Vergrößerung-Knopf 2' dreht, um den Betrachtungsbereich zu verändern. Gleichzeitig wird die Drehung des Veränderliche-Vergrößerung-Knopfes 2' durch den Gurt Y zum Bewegungsmechanismus 15' übertragen, was bewirkt, dass sich die Linse in der Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A bewegt. Dementsprechend kann der Beleuchtungsbereich in Antwort auf eine durch eine Vergrößerungsänderung, welche von dem Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem bewirkt wurde, hervorgerufene Veränderung des Betrachtungsbereiches verändert werden.

(Beispiel 3)

Beispiel 3 der optischen Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ist in Fig. 21 gezeigt. In der in Fig. 21 gezeigten optischen Vorrichtung sind das Objektiv, die Betrachtungs-Optiksystemeinheit und die Abbildungs-Optiksystemeinheit der optischen Vorrichtung entsprechend Beispiel 1 jeweils aus einem Paar von Linseneinheiten gebildet. Das Paar von Linseneinheiten eines jeden von diesen Bauteilen ist zu einer zur Probenoberfläche orthogonalen Achse geneigt und bezüglich der Achse symmetrisch angeordnet. Somit ist die optische Vorrichtung ein Greenough'sches stereoskopisches Mikroskop. Es sollte angemerkt werden, dass die optische Vorrichtung eine Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A, einen Rahmen 10, einen Rahmensockel 14, einen Stab 11 und eine Fokussiereinheit 19 verwendet, welche Anordnungen aufweisen, die jenen in Beispiel 1 ähnlich sind. In der Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A kann die Bewegung der Sammellinseneinheit G0 und die Bewegung der variablen Linse in der zweiten Relaislinseneinheit G2 in gleicher Weise durchgeführt werden wie in Beispiel 1. Der Anregungsfilter 8 und die Absorptionsfilter 5L und 5R können durch teilweises Modifizieren der in Beispiel 1 gezeigten Filtereinheit dazu ausgebildet sein, mit anderen Erreger- und Absorptionsfiltern austauschbar zu sein. Da die optische Vorrichtung gemäß Beispiel 3 ein Greenough'sches stereoskopisches Mikroskop ist, sind die linke Linseneinheit (1L, 2L, 5L, 3L und 4L) und die rechte Linseneinheit (1R, 2R, 5R, 3R und 4R) an der linken bzw. der rechten Seite einer zu der Oberfläche der Probe 7 orthogonalen Achse angeordnet. Jede Linseneinheit

ist in dem gleichen Winkel α bezüglich der zur Oberfläche der Probe 7 orthogonalen Achse geneigt, sodass linke und rechte optische Achsen, welche durch die linke und die rechte Linseneinheit bestimmt sind, einander an der Probe 7 schneiden. Mit dieser Anordnung ist es möglich, die Probe 7 stereoskopisch zu betrachten.

Bei der optischen Vorrichtung gemäß Beispiel 3 sind weiterhin die Betrachtungs-Optiksystemeinheit und die Abbildungs-Optiksystemeinheit jeweils aus einem Paar von Linseneinheiten gebildet. Dementsprechend ist die optische Vorrichtung mit einem Paar von Absorptionsfiltern 5L und 5R (links und rechts) als zweite Wellenlängenauswahlelemente zum selektiven Durchlassen von Fluoreszenzlicht versehen. Deshalb tritt Fluoreszenzlicht von der Probe 7 durch die Objektive 1L und 1R hindurch und tritt dann durch die linken Linseneinheiten und die rechten Linseneinheiten hindurch, um das linke und rechte Auge des Betrachters zu erreichen.

In diesem Beispiel tritt ebenso kein Beleuchtungslicht zum Beleuchten der Probe 7 durch die Betrachtungs-Optiksystemeinheit 2 hindurch. Im Gegensatz zu Beleuchtungslicht in Beispielen 1 und 2 tritt in diesem Beispiel kein Beleuchtungslicht zum Beleuchten der Probe 7 durch die Objektive 1L und 1R hindurch. Dementsprechend tritt von den Betrachtungs-Optiksystemen 2L und 2R in der Betrachtungs-Optiksystemeinheit 2 keine Autofluoreszenz auf. Es ist daher möglich, ein Fluoreszenzabbild mit hohem Kontrast zu erhalten. Zusätzlich tritt in den Objektiven 1L und 1R keine Autofluoreszenz auf, da Beleuchtungslicht nicht durch die Objektive 1L und 1R hindurchtritt.

Da darüber hinaus jedes beliebige glasartige Material frei gewählt werden kann, um die Linsen der Objektive 1L und 1R und jene des Betrachtungs-Optiksystems zu bilden, ohne dass man sich um das Auftreten von Autofluoreszenz sorgen müsste, kann die Betrachtungsvorrichtung aus einem in günstiger Weise korrigierten optischen System gebildet sein. In ähnlicher Weise ist, selbst falls Autofluoreszenz in der Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A auftritt, die Intensität von Autofluoreszenzlicht verglichen mit Beleuchtungslicht sehr schwach. Deshalb tritt hinsichtlich Beleuchtung kein Problem auf. Dementsprechend kann jedes beliebige glasartige Material frei gewählt werden, um das Beleuchtungs-Optiksystem zu bilden, ohne dass man sich um das Auftreten von Autofluoreszenz sorgen müsste. Daher ist es möglich, das Beleuchtungs-Optiksystem aus einem in günstiger Weise korrigierten optischen System zu bilden.

Es sollte angemerkt werden, dass verschiedene in Beispielen 1 und 2 gezeigte Mechanismen sämtlich auf dieses Beispiel anwendbar sind, da dieses Beispiel sich von den Beispielen 1 und 2 lediglich ein wenig in der Anordnung des optischen Systems der Betrachtungsvorrichtung unterscheidet.

(Beispiel 4)

Beispiel 4 der optischen Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ist in Fig. 22 gezeigt. Die in Fig. 22 gezeigte optische Vorrichtung ist ein Galilei'sches stereoskopisches Mikroskop, wie im Falle von Beispiel 2. Hinsichtlich der Anordnung der Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A sind die Sammellinseneinheit G0 und die erste Relaislinseneinheit G1 jenen in Beispiel 2 ähnlich. Die zweite Relaislinseneinheit G2 unterscheidet sich von jener in Beispiel 2 dahingehend, dass anstelle des reflektierenden Elements Linsen mit positivem Brechungsvermögen in Reihe vorgesehen sind. Dementsprechend geht in diesem Beispiel Beleuchtungslicht von der zweiten Relaislinseneinheit G2 näherungsweise parallel zur optischen Achse des Objektivs 1 aus, wohingegen in Beispiel 2 Beleuchtungslicht von der zweiten Relaislinseneinheit G2 in einer Richtung senkrecht (oder nicht parallel) zur optischen Achse des Objektivs 1 ausgeht.

In diesem Beispiel ist eine Distalend-Beleuchtungseinheit B in der Nähe des Außenumfangs des Objektivs 1 angeordnet, um von der zweiten Relaislinseneinheit G2 ausgehendes Beleuchtungslicht zur Probe 7 zu leiten. Die Distalend-Beleuchtungseinheit B umfasst Prismen P2 und P3 und Linsen B1 und B2. Die Prismen P2 und P3 sind Dreiecksprismen. Das Prisma P2 ist derart angeordnet, dass es von der zweiten Relaislinseneinheit G2 ausgehendes Beleuchtungslicht in Richtung des Objektivs 1 ablenkt. Das Prisma P3 ist derart angeordnet, dass es durch das Prisma P2 abgelenktes Beleuchtungslicht in Richtung der Probe 7 ablenkt. Es sollte angemerkt werden, dass Bezugszeichen 31 eine Pupillenposition der Distalend-Beleuchtungseinheit B bezeichnet. In diesem Beispiel ist die Pupille zwischen den Prismen P2 und P3 gebildet. Die Linsen B1 und B2 sind halbkreisförmige Linsen, von denen jede eine Gestalt aufweist, welche durch Abschneiden eines Teils einer kreisförmigen Linse gebildet ist. Dies ist einer Anordnung gleichwertig, bei welcher kreisförmige Linsen bezüglich der optischen Achse von vom Prisma P3 ausgehendem Beleuchtungslicht außermittig angeordnet sind, wodurch die optische Achse von Beleuchtungslicht durch einen Umfangsabschnitt einer jeden der kreisförmigen Linsen hindurchtritt. Ein Abschnitt einer jeden kreisförmigen Linse, welcher auf den Abschnitt weist, durch welchen Beleuchtungslicht über die optische Achse hindurchtritt, ist abgeschnitten, da er zur Beleuchtung nicht benötigt wird, was zu dem Aufbau einer jeden der Linsen B1 und B2, wie in Fig. 22 gezeigt, führt.

Tabelle 2-1 zeigt Linsendaten, welche das optische System der Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A betreffen. Tabelle 2-2 zeigt Linsendaten betreffend die Distalend-Beleuchtungseinheit B. Da das Objektiv 1 das gleiche ist wie das oben bezüglich Beispiel 2 bezeichnete, sind in Tabelle 2-1 Linsendaten, welche das Objektiv 1 betreffen, weggelassen. Tabelle 2-1 zeigt Linsendaten, welche Bauelemente der Distalend-Beleuchtungseinheit B betreffen, von der Pupillenposition 31 bis zur Lichtquelle 13, welche in Fig. 22 gezeigt ist.

In Tabelle 2-1 entsprechen die Flächen Nr. 1 bis 3 den Prismen P2 in Fig. 22. Die Flächen Nr. 4 bis 12 entsprechen der zweiten Relaislinseneinheit G2, in welcher die Flächen Nr. 6 bis 12 der Linseneinheit L22 entsprechen, welche aus einer bikonvexen Linse und einer verkitteten Linse gebildet ist. Die Fläche Nr. 13 ist die Aperturblende AS. Die Flächen Nr. 14 bis 22 entsprechen der ersten Relaislinseneinheit G1, bei welcher die Fläche Nr. 17 die reflektierende Fläche des Prismas P1 ist. Die Flächen Nr. 23 bis 34 entsprechen der Sammellinseneinheit G0, bei welcher die Flächen Nr. 23 bis 26 dem Infrarot-Ausschnittfilter entsprechen. Es sollte angemerkt werden, dass in Tabelle 2-1 den Anregungsfilter 23 betreffende Linsendaten weggelassen sind.

Fig. 23 stellt optische Strahlenverläufe des optischen Systems auf Grundlage der in Tabelle 2-1 gezeigten Linsendaten bei der niedrigsten, mittleren und größten Vergrößerung dar. Fig. 24 zeigt das Layout der Distalend-Beleuchtungseinheit B und stellt weiterhin optische Strahlengänge des optischen Systems desselben bei der niedrigsten, mittleren und größten Vergrößerung dar. In Fig. 24 sind die Linsen B1 und B2 der Einfachheit halber durch kreisförmige Linsen dargestellt. Die Linse (Fläche Nr. 9), welche näher an der Probenoberfläche (Fläche Nr. 10) ist, ist die Linse B1 in Fig. 22. Die Linse (Flä-

che Nr. 6), welche näher an dem Prisma (Flächen Nr. 3 und 4) ist, ist die Linse B2.

In dieser Anordnung wird Licht von der Lichtquelle 13 von der Sammellinseneinheit G0 gesammelt. Eine Wellenlänge zur Beleuchtung der Probe 7 wird selektiv durch den Anregungsfilter 23 in dem System der ersten Relaislinseneinheit G1 übertragen und ein erstes Abbild der Lichtquelle 13 wird gebildet. Das erste Abbild der Lichtquelle 13 wird als ein zweites Lichtquellenabbild bei der Pupillenposition 31 der Distalend-Beleuchtungseinheit B von der zweiten Relaislinseneinheit G2 projiziert.

Die Distalend-Beleuchtungseinheit B ist derart aufgebaut und angeordnet, dass sie ermöglicht, dass das in die Nähe der Pupillenposition 31 projizierte zweite Abbild der Lichtquelle 13 der Probe 7 durch die Linseneinheiten und die Ablenkungselemente in der Distalend-Beleuchtungseinheit B derart zugeführt wird, dass die Beleuchtungsmittenposition und die Betrachtungsmittenposition miteinander übereinstimmen. Zusätzlich bewegt sich die Linseneinheit L22 in der zweiten Relaislinseneinheit G2 der Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A nach Maßgabe eines Vergrößerungsänderungsvorgangs des Betrachtungs-Optiksystems, um das zweite Lichtquellenabbild an die Pupillenposition 31 der Distalend-Beleuchtungseinheit B bei einer optimalen Projektionsvergrößerung und einem Einfallswinkel zu projizieren, welcher benötigt wird, damit der Betrachtungsbereich und der Beleuchtungsbereich näherungsweise miteinander übereinstimmen, wodurch gestattet wird, dass der Betrachtungsbereich und der Beleuchtungsbereich miteinander zu allen Zeiten übereinstimmen, wie im Falle von Beispiel 2.

Dementsprechend beleuchtet auch in diesem Beispiel Anregungslicht die Probe 7, ohne dass es durch das Objektiv 1 und das Betrachtungs-Optiksystem hindurchtritt. Folglich tritt in dem Betrachtungs-Optiksystem keine Autofluoreszenz auf und es gibt weder eine Streuung noch eine Reflexion von Anregungslicht. Somit wird es möglich, eine Fluoreszenzbetrachtung mit sehr hohem Kontrast durchzuführen.

Es wird aus Tabelle 2-1 verstanden werden, dass die Werte der Ausgangspupillenposition D des Fluoreszenzbeleuchtungs-Optiksystems der Bedingung (2) genügen, und es ist aus diesem Grunde in diesem Beispiel möglich, eine kritische Beleuchtung durch Verändern des Abstands zwischen der Lichtquelle 13 und der Sammellinseneinheit G0 zu verwirklichen.

Im Übrigen kann die Distalend-Beleuchtungseinheit B derart angeordnet sein, dass sie entsprechend dem verwendeten Objektiv 1 austauschbar ist. Wenn das Objektiv 1 gegen ein weiteres Objektiv ausgetauscht wird, ändern sich der Betrachtungsbereich und der Arbeitsabstand. Somit ist es möglich, falls die Distalend-Beleuchtungseinheit B derart angeordnet ist, dass sie austauschbar ist, selbst wenn ein anderes Objektiv verwendet wird, einen Beleuchtungsbereich und eine Beleuchtungsintensität bereitzustellen, welcher zu dem Objektiv passt. In diesem Falle ist es wünschenswert, dass die Distalend-Beleuchtungseinheit B der folgenden Bedingung genügen sollte:

$$0.7 \leq Fob/F \leq 1.2 \quad (3)$$

wobei F die Brennweite des optischen Systems der Distalend-Beleuchtungseinheit B und Fob die Brennweite des Objektivs ist.

Alternativ ist es wünschenswert, der folgenden Bedingung zu genügen:

$$0.5 \leq Sob/S \leq 1.4 \quad (4)$$

wobei S das Flächenmaß eines durch die Distalend-Beleuchtungseinheit B beleuchteten Bereichs und Sob das Flächenmaß eines mit dem Objektiv betrachteten Bereichs ist.

Durch Erfüllen der obigen Bedingung ist es möglich, eine Koehler-Beleuchtung in einem Zustand durchzuführen, in welchem der Beleuchtungsbereich und die Beleuchtungsintensität von Beleuchtungslicht optimal eingestellt sind, selbst wenn sich der Betrachtungsbereich und der Arbeitsabstand als eine Folge des Austauschs des Objektivs 1 gegen ein anderes Objektiv ändern. Falls die Obergrenze von jeder der Bedingungen (3) und (4), d. h. 1.2 oder 1.4, überschritten wird, wird die Brennweite der Distalend-Beleuchtungseinheit B übermäßig kurz und der Abstand von der Distalend-Beleuchtungseinheit B zur Probe 7 wird so kurz, dass es nicht einfach ist, das Objektiv 1 und die Probe 7 zu wechseln. Somit wird die Betriebsfähigkeit verschlechtert. Falls Fob/F kleiner als die Untergrenze ist, d. h. 0,7, oder Sob/S kleiner als die Untergrenze ist, d. h. 0,5, wird die Brennweite der Distalend-Beleuchtungseinheit B übermäßig lang und die numerische Apertur von Beleuchtungslicht, welches der Probe 7 von der Distalend-Beleuchtungseinheit B zugeführt wird, nimmt unerwünschterweise ab. Folglich sinkt die Helligkeit des Fluoreszenzabbilds ungünstigerweise.

In diesem Beispiel beträgt die Brennweite der Distalend-Beleuchtungseinheit B $F = 95$ Millimeter und die Brennweite des Objektivs 1 beträgt $Fob = 75$ Millimeter. Somit ist die Bedingung (3) erfüllt. Der Beleuchtungsbereich (Durchmesser) bei der niedrigsten, mittleren und größten Vergrößerung beträgt 26.19 Millimeter, 8.0 Millimeter bzw. 2.0 Millimeter. Andererseits kann der Betrachtungsbereich (Durchmesser) aus Tabelle 1-4 erhalten werden, indem man die Feldnummer durch die Vergrößerung des Gesamtsystems dividiert. Der Beleuchtungsbereich bei der niedrigsten, mittleren und größten Vergrößerung beträgt 26.19 Millimeter, 7.97 Millimeter bzw. 2.03 Millimeter. Somit ist die Bedingung (4) erfüllt.

Es sollte angemerkt werden, dass dann, wenn der Arbeitsabstand als Folge eines Austauschs des Objektivs 1 gegen ein anderes Objektiv verändert wird, es nötig ist, den Abstand zwischen der Probe 7 und dem Objektiv 1 durch Drehen des Fokussierknopfes 19a zu ändern. Zu dieser Zeit bewegt sich die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A gemeinsam mit dem Objektiv 1 (Betrachtungsvorrichtung C), da die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A an der Fokussiereinheit 19 angebracht ist. Als Folge vermag die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems an der Ausgangsseite der Distalend-Beleuchtungseinheit B nicht mit der optischen Achse des Objektivs 1 an der Probe 7 übereinzustimmen. In dieser Hinsicht ist es möglich, falls ein Antriebsmechanismus zur Bewegung einer Linse in der Distalend-Beleuchtungseinheit B oder zum Drehen eines Prismas oder eines Spiegels vorgesehen ist, die Neigung der optischen Achse des Beleuchtungs-Optiksystems an der Ausgangsseite der Distalend-Beleuchtungseinheit B zu verändern. Daher können die jeweiligen Mittenpositionen und Bereiche des Betrachtungsbereichs und des Beleuchtungsbereichs miteinander in Überein-

stimmung gebracht werden.

Zusätzlich zu dem Obigen kann die folgende Anordnung übernommen werden. Die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A ist nicht an der Fokussiereinheit 19 angebracht, sondern direkt an dem Stab 11 installiert und an der Fokussiereinheit 19 ist lediglich die Betrachtungsvorrichtung C angebracht. Mit dieser Anordnung bewegt sich die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A nicht, wenn das Objektiv 1 durch Drehen des Fokussierknopfes 19a bewegt wird. Daher können die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems an der Ausgangsseite der Distalend-Beleuchtungseinheit B und die optische Achse des Objektivs 1 miteinander an der Probe 7 in Übereinstimmung gehalten werden.

In diesem Beispiel sind die Linsen B1 und B2 in der Distalend-Beleuchtungseinheit halbkreisförmige Linsen. Die Linse B1 besitzt eine Schnittkonfiguration, gebildet durch Halbieren einer bikonvexen Linse. Die Linse B2 besitzt eine Konfiguration, welche gebildet ist durch Halbieren einer Meniskuslinse von positivem Brechungsvermögen, wobei sie eine konkave Fläche aufweist, die zur Probe 7 hin gerichtet ist. Die zur Bildung der Distalend-Beleuchtungseinheit B verwendeten Linsen sind jedoch nicht notwendigerweise auf die oben beschriebenen Linsen beschränkt. Die Distalend-Beleuchtungseinheit B kann durch Verwenden gewöhnlicher Linsen (kreisförmiger Linsen) gebildet sein. Eine derartige Anordnung ist in Fig. 25 dargestellt.

Teil (a) von Fig. 25 zeigt ein Beispiel, in welchem ein Teil von Linsenelementen der Linse B1 bezüglich der optischen Achse des Beleuchtungs-Optiksystems geneigt ist, wodurch die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems mit der optischen Achse des Objektivs 1 an der Probe 7 in Übereinstimmung gebracht wird. Die Distalend-Beleuchtungseinheit B umfasst zwei Prismen P2 und P3, eine aus vier Linsenelementen von positivem Brechungsvermögen gebildete Linse B1 sowie eine aus einer einzelnen Linse von negativem Brechungsvermögen gebildete Linse B2. Die Prismen P2 und P3 sind rechtwinklige Dreiecksprismen. Die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems, welche im Wesentlichen parallel zur optischen Achse des Objektivs 1 ist, ist durch das Prisma P2 zum Objektiv 1 hin abgelenkt und dann durch das Prisma P3 derart abgelenkt, dass sie näherungsweise parallel zur optischen Achse des Objektivs 1 verläuft. Die Linse B2 und zwei prismenseitige Linsenelemente der Linse B1 sind derart angeordnet, dass die Mittelachse einer jeden bzw. eines jeden von diesen mit der optischen Achse des Beleuchtungs-Optiksystems übereinstimmt. Es sollte angemerkt werden, dass die Pupillenposition der Distalend-Beleuchtungseinheit B zwischen dem Prisma P3 und der Linse B2 liegt.

Das dritte Linsenelement der Linse B1 ist bezüglich der optischen Achse des Beleuchtungs-Optiksystems geneigt (obwohl die Mitte des Linsenelements sich an der optischen Achse des Beleuchtungs-Optiksystems befindet, ist die Mittelachse desselben bezüglich der optischen Achse des Beleuchtungs-Optiksystems geneigt). Deshalb ist die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems durch das dritte Linsenelement in Richtung des Objektivs 1 gelenkt. Durch geeignetes Auswählen eines Neigungsgrades des dritten Linsenelements kann die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems mit der optischen Achse des Objektivs 1 an der Probe 7 in Übereinstimmung gebracht werden. Obwohl lediglich ein Linsenelement bezüglich der optischen Achse des Beleuchtungs-Optiksystems in der in Teil (a) von Fig. 25 gezeigten Anordnung geneigt ist, kann eine Mehrzahl von Linsenelementen bezüglich der optischen Achse des Beleuchtungs-Optiksystems geneigt sein.

Teil (b) von Fig. 25 zeigt ein Beispiel, in welchem ein reflektierender Spiegel geneigt vorgesehen ist, um die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems mit der optischen Achse des Objektivs 1 an der Probe 7 in Übereinstimmung zu bringen. Die Distalend-Beleuchtungseinheit B umfasst ein Prisma P2, einen reflektierenden Spiegel M1, eine aus zwei Linsenelementen von positivem Brechungsvermögen gebildete Linse B1 sowie eine aus einer einzelnen Linse von negativem Brechungsvermögen gebildete Linse B2. In diesem Beispiel ist die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems, welche näherungsweise parallel zur optischen Achse des Objektivs 1 ist, in Richtung des Objektivs 1 durch das Prisma P2 abgelenkt und fällt dann auf den reflektierenden Spiegel M1. Der reflektierende Spiegel M1 ist derart angeordnet, dass die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems mit der optischen Achse des Objektivs 1 an der Probe 7 zusammenfällt. Dementsprechend sind beide Linsen B1 und B2 derart angeordnet, dass die Mittelachse einer jeden von ihnen mit der optischen Achse des Beleuchtungs-Optiksystems übereinstimmt. Es sollte angemerkt werden, dass die Pupillenposition der Distalend-Beleuchtungseinheit B zwischen dem reflektierenden Spiegel M1 und der Linse B2 liegt.

Teil (c) von Fig. 25 zeigt ein Beispiel, in welchem eine Linse in dem Objektiv 1, welche der Probe 7 am nächsten liegt, einen vergrößerten Durchmesser aufweist und die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems durch einen Randabschnitt des Objektivs 1 geleitet wird, wodurch die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems mit der optischen Achse des Objektivs 1 an der Probe 7 in Übereinstimmung gebracht wird. Die Distalend-Beleuchtungseinheit B umfasst ein Prisma P2, ein Prisma P3, eine Linse B1, welche ebenso einen Teil des Objektivs 1 bildet, sowie eine einzelne Linse B2 von positivem Brechungsvermögen. Es sollte angemerkt werden, dass die Pupillenposition der Distalend-Beleuchtungseinheit B zwischen den Prismen P2 und P3 liegt.

Die in Fig. 22 gezeigte Distalend-Beleuchtungseinheit B ist ein Beispiel der Anordnung, um die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems mit der optischen Achse des Objektivs 1 an der Probe 7 in Übereinstimmung zu bringen. Wie in Fig. 24 gezeigt ist, ist die Distalend-Beleuchtungseinheit B derart angeordnet, dass sie die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems lenkt, indem sie Beleuchtungslicht durch einen Randabschnitt einer jeden zum Aufbau beitragenden Linse hindurchschickt. In Anbetracht der Tatsache, dass in Fig. 22 die Distalend-Beleuchtungseinheit B nahe dem Objektiv 1 angeordnet ist sowie der Tatsache, dass die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems durch Hindurchschicken von Beleuchtungslicht durch einen Umfangsabschnitt einer jeden zum Aufbau beitragenden Linse gelenkt ist, können die gleiche Wirkung und der gleiche Effekt durch Integrieren der Linse B1 der Distalend-Beleuchtungseinheit B mit dem Objektiv 1 erhalten werden. Somit kann die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems mit der optischen Achse des Objektivs 1 an der Probe 7 durch Erhöhen des Durchmessers einer Linse in dem Objektiv 1, welche der Probenoberfläche am nächsten liegt, sowie durch Verwenden eines Umfangsabschnitts der Linse als einen Teil der Distalend-Beleuchtungseinheit B, in Übereinstimmung gebracht werden.

(Beispiel 5)

Eine weitere Anordnung der Distalend-Beleuchtungseinheit B ist in Fig. 26 gezeigt. Die Distalend-Beleuchtungsein-

heit B umfasst vier Prismen P2, P3, P7 und P8, eine aus zwei Linsenelementen von positivem Brechungsvermögen gebildete Linse B1 und eine aus einer einzelnen Linse von negativem Brechungsvermögen gebildete Linse B2. Die Prismen P2 und P3 sind rechtwinklige Dreiecksprismen. Die Prismen P7 und P8 sind Keilprismen. Die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems, welche näherungsweise parallel zur optischen Achse des Objektivs 1 verläuft, ist zum Objektiv 1 hin durch das Prisma P2 abgelenkt und dann durch das Prisma P3 derart abgelenkt, dass sie im Wesentlichen parallel zur optischen Achse des Objektivs 1 ist. Die Linsen B1 und B2 sind derart angeordnet, dass die Mittelachse einer jeden Linse mit der optischen Achse des Beleuchtungs-Optiksystems zusammenfällt. Es sollte angemerkt werden, dass die Pupillenposition der Distalend-Beleuchtungseinheit B zwischen dem Prisma P3 und der Linse B2 liegt.

Das Prisma P7 ist auf Seiten der Probe 7 der Linse B1 angeordnet. Das Prisma P7 lenkt die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems in Richtung des Objektivs 1. Die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems wird weiter in Richtung des Objektivs 1 durch das Prisma P8 gelenkt, welches auf das Prisma P7 folgend vorgesehen ist. Dementsprechend kann die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems mit der optischen Achse des Objektivs 1 an der Probe 7 durch geeignetes Auswählen der Scheitelwinkel der Keilprismen P7 und P8, der Positionen, an welchen diese Prismen angeordnet sind, sowie des Abstands zwischen diesen in Übereinstimmung gebracht werden. Somit ist in diesem Beispiel die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems lediglich durch den Brechungsvorgang der Keilprismen P7 und P8 abgelenkt. Obwohl die Anzahl an Keilprismen in diesem Beispiel zwei beträgt, ist die Anzahl an Keilprismen nicht notwendigerweise auf zwei beschränkt. Eines oder drei oder mehr Keilprismen können verwendet werden, um die Distalend-Beleuchtungseinheit B zu bilden.

Tabelle 3 zeigt Linsendaten, welche die Distalend-Beleuchtungseinheit B in diesem Beispiel betreffen. Die Flächen Nr. 2 bis 4 entsprechen dem rechtwinkligen Dreiecksprisma P3. Die Flächen Nr. 6 bis 7 entsprechen der Linse B2. Die Flächen Nr. 8 bis 11 entsprechen der Linse B1. Die Flächen Nr. 14 bis 15 entsprechen dem Keilprisma P7. Die Flächen Nr. 16 bis 17 entsprechen dem Keilprisma P8. Fig. 27 zeigt das Layout der Distalend-Beleuchtungseinheit B basierend auf den in Tabelle 3 gezeigten Linsendaten und stellt weiterhin optische Strahlengänge des optischen Systems derselben bei der niedrigsten, mittleren und größten Vergrößerung dar. Die Brennweite der Distalend-Beleuchtungseinheit B beträgt $F = 95$ Millimeter. Die Brennweite des Objektivs 1 beträgt $F_{ob} = 75$ Millimeter. Daher ist Bedingung (3) erfüllt. Der Betrachtungsbereich ist der gleiche wie in Beispiel 4. Daher ist ebenso die Bedingung (4) erfüllt.

(Beispiel 6)

Noch eine weitere Anordnung der Distalend-Beleuchtungseinheit B ist in Fig. 28 gezeigt. Die Distalend-Beleuchtungseinheit B umfasst drei Prismen P2, P3 und P6, eine aus zwei Linsenelementen von positivem Brechungsvermögen gebildete Linse B1 sowie einen aus einer einzelnen Linse von negativem Brechungsvermögen gebildete Linse B2. Die Prismen P2 und P3 sind rechtwinklige Dreiecksprismen. Das Prisma P6 ist ein keilförmiges Ablenkprisma. Die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems, welche näherungsweise parallel zur optischen Achse des Objektivs 1 verläuft, ist in Richtung des Objektivs 1 durch das Prisma P2 abgelenkt und dann durch das Prisma P3 derart abgelenkt, dass sie näherungsweise parallel zur optischen Achse des Objektivs 1 ist. Die Linsen B1 und B2 sind derart angeordnet, dass die Mittelachse einer jeden Linse mit der optischen Achse des Beleuchtungs-Optiksystems zusammenfällt. Es sollte angemerkt werden, dass die Linse B2 zwischen den Prismen P2 und P3 angeordnet ist, und die Pupillenposition 31 der Distalend-Beleuchtungseinheit B zwischen dem Prisma P2 und der Linse B2 liegt.

Das Ablenkprisma P6 ist auf Seiten der Probe 7 der Linse B1 angeordnet. Die durch das Prisma P3 abgelenkte optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems tritt in das Prisma P6 durch eine erste Fläche a und wird dann von der optischen Achse des Objektivs 1 weg durch eine zweite Fläche b abgelenkt. Die abgelenkte optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems wird durch eine Fläche c in Richtung der optischen Achse des Objektivs 1 abgelenkt. Dann verlässt die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems das Ablenkprisma P6 durch die zweite Fläche b. Die Neigung sowohl der zweiten Fläche b als auch der dritten Fläche c ist derart eingestellt, dass die durch die dritte Fläche c abgelenkte optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems das Ablenkprisma P6 verlässt, ohne beim Durchgang durch die zweite Fläche b abgelenkt zu werden, und mit der optischen Achse des Objektivs 1 an der Probe 7 zusammenfällt.

Tabelle 4 zeigt Linsendaten betreffend die Distalend-Beleuchtungseinheit B in diesem Beispiel. Die Flächen Nr. 3 bis 4 entsprechen der Linse B2. Die Flächen Nr. 5 bis 7 entsprechen dem rechtwinkligen Dreiecksprisma P3. Die Flächen Nr. 8 bis 10 entsprechen der Linse B1. Die Flächen Nr. 12 bis 14 entsprechen dem Ablenkprisma P6. Fig. 29 zeigt das Layout der Distalend-Beleuchtungseinheit B auf Grundlage der in Tabelle 4 gezeigten Linsendaten und stellt weiterhin optische Strahlengänge des optischen Systems derselben bei der niedrigsten, mittleren und größten Vergrößerung dar. Wie aus den Strahlenwegdiagrammen verstanden werden wird, sind alle Flächen des Prismas P6 aus ebenen Flächen gebildet. Einfallendes Beleuchtungslicht tritt in das Prisma P6 durch eine erste Fläche a ein, während es gebrochen wird. Das einfallende Beleuchtungslicht wird durch eine zweite Fläche b total reflektiert und durch eine dritte Fläche c derart reflektiert, dass es das Prisma P6 durch die zweite Fläche b hindurch verlässt. Somit wird verstanden werden, dass das Ablenkprisma P6 ein optisches Element ist, welches einfallendes Licht von sich durch einen Brechungsvorgang und einen Reflexionsvorgang ausgehen lässt. Es sollte angemerkt werden, dass die Brennweite der Distalend-Beleuchtungseinheit B $F = 95$ Millimeter beträgt und die Brennweite des Objektivs 1 $F_{ob} = 75$ Millimeter beträgt. Daher ist die Bedingung (3) erfüllt. Zusätzlich ist der Betrachtungsbereich der gleiche wie der in Beispiel 4. Daher ist ebenso die Bedingung (4) erfüllt. Es müssen nicht alle Flächen des Prismas P6 ebene Flächen sein. Es ist ebenso möglich, das Prisma P6 aus sphärischen Flächen, asphärischen Flächen, rotationsasymmetrischen Flächen oder Diffraktionsflächen zu bilden.

(Beispiel 7)

Eine weitere Anordnung der Distalend-Beleuchtungseinheit B ist in Fig. 30 gezeigt. Teil (a) von Fig. 30 ist eine Seitenansicht einer Anordnung einschließlich der Distalend-Beleuchtungseinheit B, des Objektivs 1 und der Betrachtungs-Optiksysteme 2L und 2R. Teil (b) von Fig. 30 ist eine Vorderansicht der Anordnung. Teil (c) von Fig. 30 ist eine Drauf-

sicht der Anordnung.

Die Distalend-Beleuchtungseinheit B umfasst vier Prismen P2, P3, P4 und P5, eine aus einer einzelnen Linse von positivem Brechungsvermögen gebildete Linse B1, eine aus einer einzelnen Linse von positivem Brechungsvermögen gebildete Linse B2 sowie eine aus einer einzelnen Linse von positivem Brechungsvermögen gebildete Linse B3. Die Prismen P2, P3, P4 und P5 sind alle rechtwinklige Dreiecksprismen. Das Prisma P2 ist derart angeordnet, dass die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems, welche im Wesentlichen parallel zur optischen Achse des Objektivs 1 verläuft, in Richtung des Objektivs 1 abgelenkt ist. Das Prisma P3 ist derart angeordnet, dass die durch das Prisma P2 abgelenkte optische Achse derart abgelenkt ist, dass sie näherungsweise parallel zur optischen Achse des Objektivs 1 verläuft. Das Prisma P4 ist derart angeordnet, dass die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems in einer Richtung orthogonal zur optischen Achse zwischen den Prismen P2 und P3 abgelenkt ist. Das Prisma P5 ist derart angeordnet, dass die durch das Prisma P4 abgelenkte optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems mit der optischen Achse des Objektivs 1 an der Probe 7 zusammenfällt (diese schneidet).

Die Linsen B1, B2 und B3 sind derart angeordnet, dass die Mittelachse einer jeden Linse mit der optischen Achse des Beleuchtungs-Optiksystems zusammenfällt. Die Linse B1 ist zwischen den Prismen P2 und P3 angeordnet. Es sollte angemerkt werden, dass die Pupillenposition der Distalend-Beleuchtungseinheit B zwischen der Linse B1 und dem Prisma P3 liegt. Die Linse B2 ist zwischen den Prismen P3 und P4 angeordnet. Die Linse B3 ist zwischen den Prismen P4 und P5 angeordnet.

Tabelle 5 zeigt Linsendaten betreffend die Distalend-Beleuchtungseinheit B in diesem Beispiel. Die Flächen Nr. 3 bis 4 entsprechen der Linse B1. Die Flächen Nr. 5 bis 7 entsprechen dem rechtwinkligen Dreiecksprisma P3. Die Flächen Nr. 8 bis 9 entsprechen der Linse B2. Die Flächen Nr. 10 bis 12 entsprechen dem rechtwinkligen Dreiecksprisma P4. Die Flächen Nr. 13 bis 14 entsprechen der Linse B3. Die Flächen Nr. 15 bis 17 entsprechen dem rechtwinkligen Dreiecksprisma P5. Fig. 31 stellt optische Strahlengänge der Distalend-Beleuchtungseinheit B basierend auf den in Tabelle 5 gezeigten Linsendaten bei der niedrigsten, mittleren und größten Vergrößerung dar. Es sollte angemerkt werden, dass die Brennweite der Distalend-Beleuchtungseinheit B $F = 90$ Millimeter beträgt und die Brennweite des Objektivs 1 $F_{ob} = 75$ Millimeter beträgt. Deshalb ist die Bedingung (3) erfüllt. Der Beleuchtungsbereich (Durchmesser) bei der niedrigsten, mittleren und größten Vergrößerung beträgt 31.4 Millimeter, 9.6 Millimeter bzw. 2.4 Millimeter. Deshalb ist auch Bedingung (4) erfüllt.

In diesem Beispiel weist die Distalend-Beleuchtungseinheit B über die in Beispiel 4 vorgesehene Anzahl von Prismen hinaus zwei Prismen P4 und P5 auf. Deshalb kann die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems, welche durch die Optiksysteme bestimmt ist, die von der Lichtquelle 13 bis zu dem der Distalend-Beleuchtungseinheit B unmittelbar vorhergehenden optischen Bauelement verlaufen, durch die Prismen P4 und P5 in verschiedene Richtungen abgelenkt werden. Dementsprechend kann die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems ohne weiteres mit der optischen Achse des Objektivs 1 an der Probe 7 in Übereinstimmung gebracht werden. Zusätzlich kann eine Beleuchtungsrichtung frei gewählt werden. Der Raum zwischen Objektiv 1 und dem Stab 11 ist ein Totraum. Daher kann, falls die Prismen P4 und P5 in diesem Raum angeordnet sind, die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung A installiert sein, ohne dass eine Zunahme der Größe der optischen Vorrichtung verursacht wird.

Fig. 32 und 33 sind perspektivische Ansichten, welche lediglich das Objektiv 1 und die Prismen P2, P3, P4 und P5 in der in Fig. 30 gezeigten Anordnung zeigen. Fig. 32 zeigt die Anordnung des Objektivs 1 und der Prismen P4 und P5. Fig. 33 zeigt die Anordnung des Objektivs 1 und der Prismen P2, P3, P4 und P5.

Wie in Fig. 32 gezeigt ist, ist die optische Achse 101 des Beleuchtungs-Optiksystems näherungsweise parallel zur optischen Achse des Objektivs 1. Eine Ebene A1 enthält sowohl die optische Achse 101 als auch die optische Achse des Objektivs 1. Die Prismen P4 und P5, welche lichtablenkende Elemente sind, sind in einer Ebene A2 orthogonal zur Ebene A1 angeordnet. Das Prisma P4 ist derart angeordnet, dass die abgelenkte optische Achse 101 in Richtung des Objektivs 1 verläuft. Bezugszeichen 102 bezeichnet die durch das Prisma P4 abgelenkte optische Achse. Das Prisma P5 lenkt die optische Achse 102 derart ab, dass die optische Achse 102 die Oberfläche der Probe 7 schräg schneidet und die durch das Prisma P5 abgelenkte optische Achse 103 schneidet die optische Achse des Objektivs 1 an der Probe 7 unter einem Winkel θ . Es sollte angemerkt werden, dass eine Ebene A3 sowohl die optische Achse 102 als auch die optische Achse des Objektivs 1 enthält.

In Fig. 32 ist die optische Achse 101 näherungsweise parallel zur optischen Achse des Objektivs 1. Andererseits ist die optische Achse, welche durch die von der Lichtquelle 13 bis zur zweiten Relaislinseneinheit G2 in Beispiel 4 (Fig. 22) verlaufenden optischen Systeme bestimmt ist, ebenso näherungsweise parallel zur optischen Achse des Objektivs 1. Dementsprechend kann von der zweiten Relaislinseneinheit G2 ausgehendes Beleuchtungslicht unter Verwendung der in Fig. 32 gezeigten Anordnung anstelle der in Fig. 22 gezeigten Distalend-Beleuchtungseinheit B zur Probe 7 geleitet werden. Mit anderen Worten, die in Fig. 32 gezeigte Anordnung ist eine Basisanordnung, in welcher Prismen verwendet werden, um Beleuchtungslicht zur Probe 7 zu leiten. Es ist jedoch selbstverständlich nötig, zwischen den optischen Achsen 101, 102 und 103 Linsensysteme bereitzustellen. In diesem Fall wird durch Anordnen der Linsen in koaxialer Beziehung zu den optischen Achsen 101, 102 und 103 der Zusammenbau des optischen Systems erleichtert.

Fig. 33 zeigt eine Anordnung, in welcher zwei Prismen P2 und P3, welche lichtablenkende Elemente sind, auf der Seite der Lichtquelle des Prismas P4 zusätzlich zu der in Fig. 32 gezeigten Anordnung vorgesehen sind. Die Prismen P2 und P3 sind in einer Ebene A4 orthogonal zur Ebene A1 angeordnet. Die optische Achse 105 des Beleuchtungs-Optiksystems ist näherungsweise parallel zur optischen Achse des Objektivs 1. Eine Ebene A5 enthält sowohl die optische Achse 105 als auch die optische Achse des Objektivs 1. Das Prisma P2 ist derart angeordnet, dass es die optische Achse 105 zum Prisma P3 hin ablenkt, welches von dem Objektiv 1 entfernt vorgesehen ist (in Richtung des Prismas P4). Bezugszeichen 104 bezeichnet die durch das Prisma P2 abgelenkte optische Achse. Das Prisma P3 ist derart angeordnet, dass es die optische Achse 104 zum Prisma P4 hin ablenkt.

Die in Fig. 33 gezeigte Anordnung leitet Beleuchtungslicht unter Verwendung von vier Prismen zur Probe 7. Deshalb steigt der Freiheitsgrad für das Layout des optischen Systems. Dementsprechend ist es möglich, Beleuchtungslicht aus verschiedenen Richtungen zuzuführen und somit ist es möglich, effizient zu beleuchten. Falls diese Prismen in dem

Raum zwischen dem Objektiv 1 und dem Stab 11 angeordnet sind, kann die Fluoreszenzbeleuchtungsanordnung A installiert sein, ohne dass eine Größenzunahme der optischen Vorrichtung verursacht wird, wie oben gesagt wurde. Zusätzlich ist der Beleuchtungslichtverlust minimiert, da in jedem Prisma eine Totalreflexion als Reflexion verwendet wird.

Es sollte angemerkt werden, dass, wie in Fig. 32 und 33 gezeigt ist, die optische Achse 103 die Probe 7 unter einem Winkel θ schneidet. Daher ist der beleuchtende Lichtstrahl (in diesem Beispiel weisen die Linsen im Beleuchtungs-Optiksystem eine rotationssymmetrische Konfiguration auf) an der Oberfläche der Probe 7 elliptisch, obwohl er bezüglich einer Ebene orthogonal zur optischen Achse 103 kreisförmig ist. Andererseits ist der Betrachtungsbereich kreisförmig. Daher stimmen der Beleuchtungsbereich und der Betrachtungsbereich nicht miteinander überein. Die Verlagerung zwischen dem Beleuchtungsbereich und dem Betrachtungsbereich ist jedoch gering. Daher entsteht durch die Verlagerung kein ernsthaftes Problem. Um den Beleuchtungsbereich und den Betrachtungsbereich miteinander soweit wie möglich in Übereinstimmung zu bringen, wird ein optisches System zur Korrektur der Verlagerung benötigt, wie im unten beschriebenen Beispiel 8 gezeigt ist.

(Beispiel 8)

Wie in Beispiel 7 gesagt wurde, wird der beleuchtende Lichtstrahl in einem Fall, in welchem das Beleuchtungs-Optiksystem aus rotationssymmetrischen kreisförmigen optischen Elementen gebildet und Beleuchtungslicht der Probe schräg zugeführt ist, an der Probe elliptisch. Fig. 34 zeigt, wie der beleuchtende Lichtstrahl auf der Probe elliptisch wird. In der Figur bezeichnet Bezugszeichen 90 eine Probenoberfläche. Bezugszeichen 91 bezeichnet eine optische Achse des Objektivs. Bezugszeichen 92 bezeichnet einen Beleuchtungslichtstrahl. Bezugszeichen 93 bezeichnet einen Beleuchtungsbereich. Bezugszeichen 94 bezeichnet einen Betrachtungsbereich. Bezugszeichen 95 bezeichnet eine optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems. In Fig. 34 ist die optische Achse 95 des Beleuchtungs-Optiksystems bezüglich der optischen Achse 91 des Objektivs unter einem Winkel θ geneigt. Daher wird der Beleuchtungsbereich 93 des Beleuchtungslichtstrahls 92, welcher die Probenoberfläche 90 beleuchtet, elliptisch. Andererseits ist die optische Achse 91 des Objektivs zur Probenoberfläche 90 orthogonal. Deshalb wird der Betrachtungsbereich 94 kreisförmig. Die Tatsache, dass der Beleuchtungsbereich elliptisch ist, obwohl der Betrachtungsbereich 94 kreisförmig ist, bedeutet, dass sich nicht das gesamte Beleuchtungslicht von der Lichtquelle 13 im Betrachtungsbereich 94 sammelt. Dementsprechend kann in diesem Zustand nicht effizient beleuchtet werden und es ist schwierig, ein helles Fluoreszenzabbild zu betrachten.

Es sollte angemerkt werden, dass in der Draufsicht der Fig. 34 der Beleuchtungslichtstrahl 92 nicht kreisförmig ist, obwohl er kreisförmig sein muss. Dies liegt daran, dass der Beleuchtungslichtstrahl (kreisförmig), welcher auf eine zur optischen Achse 95 des Beleuchtungs-Optiksystems orthogonale Ebene projiziert ist, von oben gesehen wird. Somit bietet der Beleuchtungslichtstrahl in der Draufsicht eine mit dem Wert $\cos\theta$ multiplizierte Konfiguration.

Um das Problem zu lösen, dass der Betrachtungsbereich und der Beleuchtungsbereich nicht miteinander übereinstimmen, ist die Distalend-Beleuchtungseinheit B in diesem Beispiel gebildet, indem man die Linsen B2 und B3 von positivem Brechungsvermögen in der Distalend-Beleuchtungseinheit B in Beispiel 7 durch torische Linsen ersetzt, wie in Fig. 35 gezeigt ist. Teil (a) von Fig. 35 ist eine Seitenansicht der Distalend-Beleuchtungseinheit B, des Objektivs 1 und der Betrachtungs-Optiksysteme 2L und 2R. Teil (b) von Fig. 35 ist eine Vorderansicht der Anordnung. Teil (c) von Fig. 35 ist eine Draufsicht der Anordnung. Teil (d) von Fig. 35 ist ein Diagramm, welches die äußere Gestalt einer torischen Linse zeigt.

Wie in Teil (d) von Fig. 35 gezeigt ist, ist jede der torischen Linsen B2 und B3 eine derartige Linse, dass eine brechende Fläche derselben nicht rotationssymmetrisch ist und die Linse in den Richtungen der zwei orthogonalen Achsen X und Y unterschiedliche Krümmungsradien RDX und RDY aufweist. Dementsprechend besitzt die Distalend-Beleuchtungseinheit B mit derartigen torischen Linsen in diesem Beispiel zwei unterschiedliche Brennweiten Fx und Fy in den orthogonalen Richtungen X und Y.

In diesem Beispiel wird ein von der Distalend-Beleuchtungseinheit B ausgehender Lichtstrahl der Probe 7 schräg zugeführt. Dabei ist θ der zwischen der optischen Achse des Objektivs 1 und der optischen Achse des Beleuchtungs-Optiksystems an der Ausgangsseite der Distalend-Beleuchtungseinheit B gebildete Winkel. Wie in Fig. 36 und 37 gezeigt ist, ist die torische Linse B2 an einer Position angeordnet, welche um einen Winkel θ bezüglich der vom Prisma P4 ausgehenden Achse b'c' des Beleuchtungs-Optiksystems gedreht ist. Die torische Linse B3 ist in einer Position angeordnet, welche um einen Winkel θ mit Bezug auf die in das Prisma P4 einfallende optische Achse a'b' des Beleuchtungs-Optiksystems gedreht ist. Bezugszeichen X2 und Y2 bezeichnen Richtungen, in welche die brechenden Flächen der torischen Linse B2 Krümmungen aufweisen. Bezugszeichen X3 und Y3 bezeichnen Richtungen, in welche die brechenden Flächen der torischen Linse B3 Krümmungen aufweisen. Die torische Linse B2 ist derart angeordnet, dass der zwischen X2 und der optischen Achse b'c' des Beleuchtungs-Optiksystems gebildete Winkel gleich θ ist. Die torische Linse B3 ist derart angeordnet, dass der zwischen X3 und der optischen Achse a'b' des Beleuchtungs-Optiksystems gebildete Winkel gleich θ ist.

Fig. 38 ist eine perspektivische Ansicht der Distalend-Beleuchtungseinheit B. In Fig. 38 entspricht RDX X2 und X3 in Fig. 36 und 37, und RDY entspricht Y2 und Y3 in Fig. 36 und 37. Die brechende Fläche der torischen Linse B2, welche näher an dem Prisma P3 liegt, weist eine Krümmung in der Richtung RDY, jedoch keine Krümmung in der Richtung RDX auf. Die Fläche der torischen Linse B2 an der entgegengesetzten Seite, d. h. die näher am Prisma P4 liegende brechende Fläche, weist eine Krümmung in der Richtung RDX, jedoch nicht in der Richtung RDY auf. Die brechende Fläche der torischen Linse B3, welche näher an dem Prisma P4 liegt, weist eine Krümmung in der Richtung RDX, jedoch keine Krümmung in der Richtung RDY auf. Die Fläche der torischen Linse B3 an der entgegengesetzten Seite, d. h. die näher am Prisma P5 liegende brechende Fläche, besitzt eine Krümmung in der Richtung RDY, jedoch keine Krümmung in der Richtung RDX.

In Fig. 38 wird eine Beleuchtung in der Richtung einer Achse (Pfeil) RDY an der Oberfläche der Probe 7 durchgeführt, d. h. in der Richtung der geraden Schnittlinie zwischen der Probenoberfläche und einer Ebene, welche sowohl die optische Achse O des Objektivs als auch die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems enthält. In einem Falle, in

welchem die Linsen B2 und B3 rotationssymmetrische Linsen ähnlich der Linse B1 sind, wird der Beleuchtungsbereich an der Probe 7 elliptisch. In diesem Falle ist die Richtung der geraden Schnittlinie zwischen der Probenoberfläche und der sowohl die optische Achse O des Objektivs als auch die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems enthaltende Ebene die Richtung der größeren Halbachse (Durchmesser) der Ellipse, und die Richtung (Richtung RDX in Fig. 38), welche die Richtung RDY orthogonal schneidet, ist die Richtung der kleineren Halbachse (Durchmesser) der Ellipse.

Deshalb können die Brennweiten der Distalend-Beleuchtungseinheit B in den Richtungen RDX und RDY durch Ersetzen der Linsen B2 und B3 mit torischen Linsen voneinander verschieden gemacht werden. Dementsprechend kann der Durchmesser des Beleuchtungslichtstrahls 92 in der Richtung des Pfeiles (entsprechend der Richtung RDY) kleiner als im Falle von Fig. 34 gemacht werden, indem die Projektionsvergrößerungen in den Richtungen RDX und RDY voneinander verschieden gemacht werden, wie in der Draufsicht in Fig. 39 gezeigt ist. Als Folge wird der Beleuchtungsbereich 93 kreisförmig, nicht elliptisch, wenn der Beleuchtungslichtstrahl 92 auf die Probe 7 projiziert wird. Wenn der Beleuchtungslichtstrahl auf eine Ebene orthogonal zur optischen Achse 95 des Beleuchtungs-Optiksystems projiziert wird, ist er im Falle von Fig. 39 elliptisch und im Falle von Fig. 34 kreisförmig.

Somit verwendet in diesem Beispiel die Distalend-Beleuchtungseinheit B torische Linsen, von denen jede unterschiedliche Brennweiten in zwei orthogonalen Richtungen aufweist, wodurch gestattet wird, dass der Beleuchtungsbereich und der Betrachtungsbereich die gleiche Gestalt an der Probe aufweisen, wenn der Probenoberfläche Beleuchtungslicht schräg zugeführt wird. Dementsprechend kann eine effiziente Beleuchtung durchgeführt und ein helles Fluoreszenzabbild betrachtet werden.

Im Übrigen ist es wünschenswert, dass die Distalend-Beleuchtungseinheit B den folgenden Bedingungen genügen sollte:

$$F_y < F_x \quad (5)$$

$$0.8 < (F_y/F_x)/\cos\theta < 1.2 \quad (6)$$

In den obigen Bedingungen ist θ der zwischen der die Distalend-Beleuchtungseinheit B verlassenden optischen Achse des Beleuchtungs-Optiksystems und der optischen Achse des Objektivs 1 gebildete Winkel. F_x ist die Brennweite der Distalend-Beleuchtungseinheit B in der Richtung der kleineren Halbachse eines an der Probe gebildeten elliptischen Beleuchtungsbereichs, wenn sie durch ein aus einem rotationssymmetrischen optischen System gebildetes Beleuchtungs-Optiksystem beleuchtet wird. F_y ist die Brennweite der Distalend-Beleuchtungseinheit B in der Richtung der größeren Halbachse des elliptischen Beleuchtungsbereichs, welche orthogonal zu der Richtung der kleineren Halbachse ist.

Alternativ ist es wünschenswert, dass die Distalend-Beleuchtungseinheit B den folgenden Bedingungen genügt:

$$|M_y| < |M_x| \quad (7)$$

$$0.8 < (|M_y|/|M_x|)/\cos\theta < 1.2 \quad (8)$$

In den obigen Bedingungen ist θ der zwischen der die Distalend-Beleuchtungseinheit B verlassenden optischen Achse des Beleuchtungs-Optiksystems und der optischen Achse des Objektivs gebildete Winkel. M_x ist die Projektionsvergrößerung des optischen Systems der Distalend-Beleuchtungseinheit B in der Richtung der kleineren Halbachse eines an der Probe gebildeten elliptischen Beleuchtungsbereichs, wenn sie unter dem Winkel θ mit einem rotationssymmetrischen optischen System beleuchtet wird, welche erhalten wird durch $M_x = I/I_x'$, wobei I die Probe und I_x' ein durch die Distalend-Beleuchtungseinheit B gebildetes Probenabbild ist. M_y ist die Projektionsvergrößerung des optischen Systems der Distalend-Beleuchtungseinheit in der Richtung der größeren Halbachse des elliptischen Beleuchtungsbereichs, welche orthogonal zur Richtung der kleineren Halbachse ist. Die Projektionsvergrößerung M_y wird erhalten durch $M_y = I/I_y'$, wobei I die Probe und I_y' ein von der Distalend-Beleuchtungseinheit B gebildetes Probenabbild ist.

Falls die Bedingungen (5) und (6) oder die Bedingungen (7) und (8) erfüllt sind, weist der die Distalend-Beleuchtungseinheit B verlassende Beleuchtungslichtstrahl eine elliptische Schnittkonfiguration in einem Schnitt orthogonal zur optischen Achse des Beleuchtungs-Optiksystems auf. Deshalb wird der Beleuchtungslichtstrahl näherungsweise kreisförmig, wenn er der Oberfläche der Probe 7 zugeführt wird. Genauer wird der Beleuchtungslichtstrahl kreisförmig, wenn $(F_y/F_x)/\cos\theta = 1$ oder $(|M_y|/|M_x|)/\cos\theta = 1$. Dementsprechend können der Betrachtungsbereich und der Beleuchtungsbereich von Beleuchtungslicht miteinander näherungsweise in Übereinstimmung gebracht werden.

Durch Ausbilden der Distalend-Beleuchtungseinheit B derart, dass die obigen Bedingungen erfüllt sind, kann eine zufriedenstellend effiziente Beleuchtung durchgeführt werden, selbst wenn die optische Achse an der Ausgangsseite der Distalend-Beleuchtungseinheit B bezüglich der optischen Achse des Objektivs 1 geneigt ist. Es sollte angemerkt werden, dass, falls die Bedingung (6) oder (8) nicht erfüllt ist, der Beleuchtungsbereich von Beleuchtungslicht nicht mit dem Betrachtungsbereich übereinstimmt. Somit wird die Beleuchtungseffizienz verschlechtert. Als Folge wird es schwierig, ein helles Fluoreszenzabbild zu betrachten.

Es sollte angemerkt werden, dass in den obigen Bedingungen die Richtung der kleineren Halbachse und die Richtung der größeren Halbachse bezüglich des Beleuchtungsbereichs (RDX, RDY) an der Probe bestimmt werden. Falls jedoch die Richtung der kleineren Halbachse und die Richtung der größeren Halbachse bezüglich des Beleuchtungslichtstrahls in einem optischen System bestimmt werden, welches torische Linsen verwendet, ist RDX die Richtung der größeren Halbachse und RDY die Richtung der kleineren Achse, da der Beleuchtungslichtstrahl die Gestalt einer Ellipse aufweist, welche in der Richtung RDY kürzer als in der Richtung RDX ist.

Tabelle 6 zeigt Linsendaten, welche die Distalend-Beleuchtungseinheit B in diesem Beispiel betreffen. Die Linsendaten sind gesondert für die Richtung RDX und die Richtung RDY gezeigt. Die Flächen Nr. 3 bis 4 entsprechen der Linse B1 von negativem Brechungsvermögen, welche eine negative Linse ist mit einer auf die Probe gerichteten konkaven Fläche. Die Flächen Nr. 5 bis 7 entsprechen dem rechtwinkligen Dreiecksprisma P3. Die Flächen Nr. 8 bis 9 entsprechen der

torischen Linse B2, welche aus Silikon hergestellt ist. Die Fläche Nr. 8 weist eine Krümmung in der Richtung RDY, jedoch keine Krümmung in der Richtung RDX auf. Die Fläche Nr. 9 ist eine asphärische Fläche mit einer Krümmung in der Richtung RDX, welche keine Krümmung in der Richtung RDY aufweist. Die Flächen Nr. 10 bis 12 entsprechen dem rechtwinkligen Dreiecksprisma P4. Die Flächen Nr. 13 bis 14 entsprechen der torischen Linse B3, welche aus Silikon hergestellt ist. Die Flächen Nr. 13 weist eine Krümmung in der Richtung RDX, jedoch keine Krümmung in Richtung RDY auf. Die Flächen Nr. 14 ist eine asphärische Fläche mit einer Krümmung in der Richtung RDY, welche keine Krümmung in der Richtung RDX aufweist. Die Flächen Nr. 15 bis 17 entsprechen dem rechtwinkligen Dreiecksprisma P4.

Fig. 40 stellt optische Strahlengänge des optischen Systems auf Grundlage der in Tabelle 6 gezeigten Linsendaten bei der niedrigsten, mittleren und größten Vergrößerung in den Richtungen RDX und RDY dar. Die Brennweiten der Distalend-Beleuchtungseinheit B betragen $F_x = 90$ Millimeter und $F_y = 68.9$ Millimeter. Die Brennweite des Objektivs 1 beträgt $F_{ob} = 75$ Millimeter. Daher sind die Bedingungen (3) und (6) erfüllt. Die Bedingung (4) ist ebenso erfüllt.

Das Material der torischen Linsen ist Silikon, welches günstig ist, da die Herstellungskosten durch Herstellen der torischen Linsen als aus Silikon geformte Linsen minimiert sind. Es ist jedoch ebenso möglich, die torischen Linsen aus einem Glasmaterial herzustellen. Ungeachtet dessen, ob Silikon oder ein Glasmaterial verwendet wird, ist es zu bevorzugen, ein Material mit hoher Durchlässigkeit für ultraviolette Strahlen zum Zwecke des Durchführens einer Fluoreszenzbeleuchtung zu wählen.

In diesem Beispiel besitzen die beiden torischen Linsen B2 und B3 jeweils torische Flächen an ihren beiden Seiten. Deshalb sind in diesem Beispiel vier torische Flächen eingesetzt. Jedoch genügt das Bereitstellen wenigstens einer torischen Fläche, um zu gestatten, dass die Distalend-Beleuchtungseinheit B unterschiedliche Brennweiten in den orthogonalen Richtungen aufweist. Es sollte jedoch angemerkt werden, dass wenigstens zwei torische Flächen erforderlich sind, um die Pupillenpositionen 31 der Distalend-Beleuchtungseinheit B in den orthogonalen Richtungen miteinander in Übereinstimmung zu bringen. In diesem Falle ist es wünschenswert, dass eine torische Fläche eine Krümmung in jeder der orthogonalen Richtungen aufweisen sollte.

Es ist ebenso möglich, eine bezüglich der optischen Achse asymmetrische Fläche zu verwenden, um eine Linse anstelle einer torischen Fläche zu bilden. D. h. wenigstens eine der oben beschriebenen torischen Flächen ist durch eine bezüglich der optischen Achse des Beleuchtungs-Optiksystems asymmetrische Fläche ersetzt. Teil (a) von Fig. 41 zeigt den Zustand von Beleuchtungslicht in einem Falle, in welchem keine asymmetrische Fläche verwendet wird. Teil (b) von Fig. 41 zeigt den Zustand von Beleuchtungslicht in einem Falle, in welchem eine asymmetrische Fläche verwendet wird.

In einem Falle, in welchem im optischen System der Distalend-Beleuchtungseinheit B keine asymmetrische Fläche verwendet wird, ist die Ebene 96, welche gleichmäßig beleuchtet ist, bezüglich der Probenoberfläche 90 geneigt. Da die Ebene 96 nicht mit der Probenoberfläche 90 übereinstimmt, stimmt dann, wenn Beleuchtungslicht die Probenoberfläche 90 erreicht, ein an der optischen Achse 95 gesammelter Lichtstrahl mit der Probenoberfläche 90 überein, jedoch divergieren die übrigen Lichtstrahlen unerwünschterweise an der Probenoberfläche 90. Daher wird der Umfangsabschnitt des Betrachtungsbereichs verglichen mit der Mitte desselben ungünstigerweise dunkel. Im Gegensatz dazu kann, falls eine asymmetrische Fläche in dem optischen System der Distalend-Beleuchtungseinheit B verwendet wird, das gesamte Beleuchtungslicht an der Probenoberfläche 90 gesammelt werden. Somit können die Ebene 96, welche gleichmäßig beleuchtet ist, und die Probenoberfläche 90 miteinander in Übereinstimmung gebracht werden. Dementsprechend können sowohl der zentrale als auch der Umfangsabschnitt des Betrachtungsbereichs mit der gleichen Helligkeit beleuchtet werden.

Die Distalend-Beleuchtungseinheit B kann mit der optischen Vorrichtung gemäß Beispiel 1 kombiniert sein, wie in Fig. 42 gezeigt ist. In diesem Falle ist es möglich, zwei verschiedene Beleuchtungsarten durchzuführen, d. h. Beleuchtung durch das Objektiv 1 und Beleuchtung durch die Distalend-Beleuchtungseinheit B. In der in Fig. 42 gezeigten Anordnung kann ein optisches Element M3 ein total reflektierender Spiegel, ein Halbspiegel oder ein dichroitischer Spiegel sein. Wenn ein total reflektierender Spiegel als das optische Element M3 verwendet wird, kann lediglich einer aus dem optischen Weg der durch das Objektiv 1 durchgeführten Beleuchtung und dem optischen Weg der Distalend-Beleuchtungseinheit B verwendet werden. Daher sollte das optische Element M3 derart angeordnet sein, dass es in den durch den Doppelpfeil bezeichneten Richtungen beweglich ist, um zwischen den beiden optischen Wegen umzuschalten.

In einem Fall, in welchem ein Halbspiegel als das optische Element M3 verwendet wird, ist es möglich, sowohl den optischen Weg der durch das Objektiv 1 durchgeführten Beleuchtung als auch den optischen Weg der Distalend-Beleuchtungseinheit B gleichzeitig zu verwenden. In diesem Falle wird der Probe 7 Beleuchtungslicht nahezu orthogonal von dem optischen Beleuchtungsweg durch das Objektiv 1 zugeführt und gleichzeitig wird der Probe 7 Beleuchtungslicht von der Distalend-Beleuchtungseinheit B schräg zugeführt. Somit wird die Probe 7 aus zwei Richtungen beleuchtet. Dementsprechend kann die Probe 7 ohne Schatten beleuchtet werden. Darüber hinaus kann Autofluoreszenz minimiert werden, da die durch das Objektiv 1 hindurchtretende Beleuchtungslichtmenge reduziert ist.

In einem Fall, in welchem ein dichroitischer Spiegel als das optische Element M3 verwendet wird, kann die Probe 7 mit Beleuchtungslicht (Anregungslicht) verschiedener Wellenlängen beleuchtet werden. Dementsprechend kann bei Betrachtung einer mehrfach gefärbten Probe 7 eine Mehrzahl von Fluoreszenzabbildern verschiedener Wellenlängen gleichzeitig betrachtet werden. In diesem Falle kann Autofluoreszenz im Objektiv 1 minimiert werden, indem Beleuchtungslicht von kurzer Wellenlänge, welches wahrscheinlich Autofluoreszenz verursacht, durch die Distalend-Beleuchtungseinheit B hindurchgeleitet wird und Beleuchtungslicht von langer Wellenlänge durch den optischen Beleuchtungsweg im Objektiv 1 hindurchgeleitet wird.

Im Folgenden sind die Tabellen 1-1 bis 6 gezeigt.

DE 100 59 184 A 1

Tabelle 1-1

Linsendaten betreffend Objektiv und Fluoreszenzbeleuchtungs-Optiksystem

s	Flächen Nr.	Krümmungs- radius	Separation	Brechungs- index (480nm)	Abbe-Zahl
	Proben- oberfläche	INF	58.1909		
10	1	-356.6844	10.0	1.49267	70.23
15	2	-73.9885	2.0	1	
	3	401.3396	7.0	1.68884	32.1
	4	84.827	16.0	1.50157	81.61
20	5	-131.2216	3.0	1	
	6	53.5032	24.709	1.50158	81.54
25	7	-53.5032	6.7	1.52236	64.14
	8	46.6622	6.0	1	
	9	151.0921	9.0	1.49268	70.21
30	10	-151.0921	1.5	1	
	11	INF	10.0	1.52236	64.14
35	(verlagerte Position (Verlagerung von 15 mm))				
	12	INF	10.0	1.52236	64.14
	13	INF	d1 (variabel)	1	
40	14	INF	d2 (variabel)	1	
	(Eintrittspupillenposition des Objektivs)				
45	15	INF	41.4	1	
	16	86.644	4.0	1.49267	70.23
	17	INF	24.7	1	
50	18	INF	d3 (variabel)	1	
	19	INF	5.0	1.49267	70.23

55

60

65

DE 100 59 184 A 1

20	-53.984	2.0	1		
21	53.984	5.0	1.49267	70.23	
22	INF	d4 (variabel)	1		5
23	INF	6.0	1.52955	59.89	
24	INF	8.0	1		10
25	INF	3.5	1.49267	70.23	
26	-17.93	28.0	1		
27	37.291	3.5	1.49267	70.23	15
28	-51.881	68.688	1		
29	-28.981	6.0	1.52236	64.14	20
30	-20.981	8.7	1		
31	INF	4.0	1.52967	69	25
32	INF	0.6	1		
33	INF	4.0	1.52967	69	
34	INF	8.0	1		30
35	-30.1125	3.0	1.61799	39.29	
36	57.8565	3.5	1		35
37	112.8286	15.9968	1.52802	64.14	
38	-29.8272	0.3	1		
39	33.6183	9.6778	1.49752	70.23	40
40	76.0179	0.2	1		
41	17.5066	12.9515	1.80953	50	45
(asphärisch)					
42	47.0729	14.2	1		
43	INF	0	1		50
Lichtquellen-					
position					
					55
					60
					65

Asphärische Koeffizienten:

Fläche Nr. 41

$$K = -0.3326$$

$$A_4 = -4.08080 \times 10^{-6}$$

$$A_6 = 2.54210 \times 10^{-8}$$

$$A_8 = -5.41490 \times 10^{-11}$$

Zoomdaten:

	Niedrigste Vergrößerung	Mittlere Vergrößerung	Größte Vergrößerung
	0.7x	2.3x	9x
d1	38.38336	100.52992	142.40434
d2	-38.38336	-100.52992	-142.40434
d3	43.12143	124.52958	154.62861
d4	120.32981	38.92167	8.82263

Verlagerungsdaten:

Flächen Nr. 11

Verlagerungsbetrag: 15 mm

Tabelle 1-2

Paraxialgrößen des Fluoreszenzbeleuchtungs-Optiksystems

		Niedrigste	Mittlere	Größte	
		Vergrößerung	Vergrößerung	Vergrößerung	
Numerische Apertur	NA	0.176	0.053	0.014	5
Projektionsvergrößerung (von Lichtquelle)	β	4.4	14.9	27.0	10
Ausgangspupillenposition	D	1.2	2.7	3.0	15
Brennweite	FL	5.14	40.76	77.81	20

Tabelle 1-3

Paraxialgrößen des Objektivs

		Niedrigste	Mittlere	Größte	
		Vergrößerung	Vergrößerung	Vergrößerung	
Numerische Apertur	NA	0.0276	0.0744	0.139	30
Brennweite	Fob	75	75	75	35

Tabelle 1-4

Paraxialgrößen auf der Betrachtungsseite

		Niedrigste	Mittlere	Größte	
		Vergrößerung	Vergrößerung	Vergrößerung	
Numerische Apertur des Objektivs	NA	0.0276	0.0744	0.139	45
Vergrößerung des Gesamtsystems	x	0.84	2.76	10.8	50
Feld Nr.	FN	22	22	22	55

DE 100 59 184 A 1

Tabelle 2-1

	Flächen Nr.	Krümmungs- radius	Separation	Brechungs- index (480nm)	Abbe-Zahl
5	Objekt- punkt- position	INF	14.5		
10					
		(Pupillenposition der Distalend-Beleuchtungseinheit)			
15	1	INF	11.0	1.52236	64.14
	2	INF	11.0	1.52236	64.14
	(reflektierende Fläche)				
20	3	INF	0.7	1	
	4	26.279	5.0	1.49267	70.23
25	5	50.943	d1 (variabel)	1	
	6	59.166	3.5	1.49267	70.23
	7	-86.083	0.5	1	
30	8	74.151	6.3	1.49267	70.23
	9	-19.074	3.0	1.60711	39.21
35	10	-91.845	d2 (variabel)	1	
	11	-13.205	4.0	1.52236	64.14
	12	-10.234	23.3	1	
40	13	INF	18.412	1	
	14	-31.135	3.5	1.52236	64.14
45	15	-15.113	32.015	1	
	16	INF	10.0	1.52236	64.14
	17	INF	10.0	1.52236	64.14
50	18	INF	15.0	1	
	19	57.900	3.0	1.60711	39.21
55	20	34.040	46.359	1	

60

65

DE 100 59' 184 A 1

(asphärisch)

Asphärische Koeffizienten:

Fläche Nr. 33

$$K = -0.3326$$
$$A_4 = -4.08080 \times 10^{-6}$$
$$A_s = 2.54210 \times 10^{-8}$$
$$A_5 = -5.41490 \times 10^{-11}$$

DE 100 59 184 A 1

Zoomdaten:

		Niedrigste	Mittlere	Größte
		Vergrößerung	Vergrößerung	Vergrößerung
5				
	d1	34.590	78.559	114.231
10	d2	84.183	40.214	4.542
	Projektions-	β	11.5	25.1
15	vergrößerung			
	(von Licht-			
20	quelle)			
	Numerische	NA	0.175	0.013
	Apertur			
25	Brenn-	FL	29.94	39.50
	weite			
30	Ausgangs-	D	2.6	1.7
	pupillen-			
	position			

35

40

45

50

55

60

65

39

DE 100 59 184 A 1

Tabelle 3

Flächen Nr.	Krümmungs- radius	Separation	Brechungs- index (480nm)	Abbe-Zahl
0	INF	INF		
1	INF	0	1	
2	INF	11.0	1.52236	64.14
3	INF	11.0	1.52236	64.14
(reflektierende Fläche)				
4	INF	1.0	1	
5	INF	5.0	1	
(Eingangspupillenposition)				
6	-267.205	6.5	1.60711	39.21
7	30.132	9.6	1	
8	-185.589	3.5	1.52236	64.14
9	-37.565	6.2	1	
10	-530.378	5.5	1.52236	64.14
11	-31.387	0.0	1	
12	INF	0.0	1	
13	INF	8.0	1	
14	INF	10.0	1.52236	64.14
(Keilprisma)				
15	INF	10.0	1	
16	INF	15.0	1.52236	64.14
(Keilprisma)				
17	INF	50.0	1	
Proben- oberfläche				
	INF			

DE 100 59 184 A 1

		Niedrigste	Mittlere	Größte	
		Vergrößerung	Vergrößerung	Vergrößerung	
Probenseitige	NA	0.027	0.072	0.133	5
numerische					
Apertür					10
Brenn-	F	75.0	75.0	75.0	
weite					
Beleuchtungs-	ϕ_H	26.19	8.0	2.0	15
bereich					20
					25
					30
					35
					40
					45
					50
					55
					60
					65

DE 100 59 184 A 1

Tabelle 4

Flächen	Krümmungs-	Separation	Brechungs-	Abbe-Zahl
s Nr.	radius		index (480nm)	
0	INF	INF		
10 1	INF	-10	1	
2	INF	-0.3	1	
(Eingangspupillenposition)				
15 3	-45.934	-3.03	1.60711	39.21
4	-22.890	-9.9669	1	
5	INF	-15.0	1.52236	64.14
20 6	INF	15.0	1.52236	64.14
(reflektierende Fläche)				
25 7	INF	10.1469	1	
8	81.341	3.97	1.60711	39.21
9	52.686	8.13	1.49267	70.23
30 10	-46.635	1.0	1	
11	INF	20.0	1.52236	64.14
35	(Keilprisma)			
12	INF	-25.0	1.52236	64.14
13	INF	17.37	1.52236	64.14
40 14	INF	0	1	
15	INF	0	1	
45 16	INF	65.18	1	
17	INF	-0.0002	1	
50 Proben-	INF			
oberfläche				

55

60

65

DE 100 59 184 A 1

	Niedrigste		Mittlere	Größte	
	Vergrößerung		Vergrößerung	Vergrößerung	
Probenseitige	NA	0.022	0.06	0.111	5
numerische					
Apertur					10
Brenn-	F	90.0	90.0	90.0	
weite					
Beleuchtungs-	Φ_H	26.19	8.0	2.0	15
bereich					

Tabelle 5

Flächen	Krümmungs-	Separation	Brechungs-	Abbe-Zahl	
Nr.	radius		index (480nm)		
0	INF	INF			25
1	INF	10.0	1		
2	INF	-10.0	1		30
(Eingangspupillenposition)					
3	55.145	2.5	1.60711	39.21	
4	27.637	11.0	1		35
5 (P3)	INF	15.0	1.52236	64.14	
6	INF	15.0	1.52236	64.14	40
7	INF	5.0	1		
8	INF	8.5	1.49267	70.23	
9	-41.831	8.0	1		45
10 (P4)	INF	16.0	1.52236	64.14	
11	INF	16.0	1.52236	64.14	50
12	INF	6.5	1		
13	119.500	8.5	1.49267	70.23	
14	INF	3.5	1		55
15 (P5)	INF	16.0	1.52236	64.14	
16	INF	16.0	1.52236	64.14	60
17	INF	78.0	1		
Proben-	INF				65
oberfläche					

DE 100 59 184 A 1

		Niedrigste	Mittlere	Größte
		Vergrößerung	Vergrößerung	Vergrößerung
5	Probenseitige	NA 0.022	0.06	0.111
	numerische			
10	Apertur			
	Brenn-	F 90.0	90.0	90.0
	weite			
15	Beleuchtungs-	Φ_H 31.4	9.6	2.4
	bereich			
20				
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				
60				
65				

Tabelle 6

(RDY-Richtung)

(RDY-Richtung)

Flächen Nr.	Krümmungs- radius	Separation	Brechungs- index (480nm)	Abbe-Zahl
Proben- oberfläche	INF	INF		
0	INF	INF		
1	INF	10.0	1	
2	INF	-10.0	1	
	(Eingangspupillenposition)			
3	55.175	2.5	1.60711	39.21
4	27.629	11.0	1	
5 (P3)	INF	15.0	1.52236	64.14
6	INF	15.0	1.52236	64.14
7	INF	5.0	1	
8	71.316	8.5	1.41623	50.49
	(torische Fläche)			
9	INF	8.0	1	
	(torische Fläche (ebene Fläche))			
10 (P4)	INF	16.0	1.52236	64.14
11	INF	16.0	1.52236	64.14
12	INF	6.5	1	
13	INF	8.5	1.41623	50.49
	(torische Fläche (ebene Fläche))			
14	-64.667	3.5	1	

DE 100 59 184 A 1

(torische Fläche (asphärische Fläche))

5	15 (P5)	INF	16.0	1.52236	64.14
	16	INF	16.0	1.52236	64.14
	17	INF	78.0	1	
10	Proben- oberfläche	INF			

15 Asphärische Koeffizienten:

Fläche Nr. 14

20 $K = 0$

$$A_2 = -6.12570 \times 10^{-3}$$

25 $A_4 = 1.34900 \times 10^{-6}$

$$A_6 = -6.61130 \times 10^{-9}$$

$$A_8 = 3.54630 \times 10^{-11}$$

30 $A_{10} = -5.82480 \times 10^{-14}$

35

40

45

50

55

60

65

DE 100 59 184 A 1

(RDX-Richtung)

Flächen Nr.	Krümmungs- radius	Separation	Brechungs- index (480nm)	Abbe-Zahl	
Proben- oberfläche	INF	INF			5
0	INF	INF			10
1	INF	10.0	1		
2	INF	-10.0	1		15
(Eingangspupillenposition)					
3	55.175	2.5	1.50711	39.21	
4	27.629	11.0	1		20
5 (P3)	INF	15.0	1.52236	64.14	
6	INF	15.0	1.52236	64.14	25
7	INF	5.0	1		
8	INF	8.5	1.41623	50.49	30
(torische Fläche (ebene Fläche))					
9	-36.752	8.0	1		
(torische Fläche (asphärische Fläche))					
10 (P4)	INF	16.0	1.52236	64.14	35
11	INF	16.0	1.52236	64.14	
12	INF	6.5	1		40
13	101.454	8.5	1.41623	50.49	
(torische Fläche)					
14	INF	3.5	1		45
					50
					55
					60
					65

DE 100 59 184 A 1

(torische Fläche (ebene Fläche))

15	(P5)	INF	16.0	1.52236	64.14
5	16	INF	16.0	1.52236	64.14
	17	INF	78.0	1	
10	Proben- oberfläche	INF			

15 Asphärische Koeffizienten:

	Fläche Nr. 9
20	$K = 0$
	$A_{-2} = -5.24710 \times 10^{-4}$
25	$A_{-4} = 4.19900 \times 10^{-7}$
	$A_{-6} = -5.77870 \times 10^{-9}$
	$A_{-8} = 3.61320 \times 10^{-11}$
30	$A_{-10} = -7.43900 \times 10^{-14}$

Der Winkel zwischen der optischen Achse des Beleuchtungs-Optiksystems und der optischen Achse des Objektivs:

35 $\theta = 40^\circ$

40

45

50

55

60

65

(RDY-Richtung)

		Niedrigste	Mittlere	Größte	
		Vergrößerung	Vergrößerung	Vergrößerung	
Probenseitige	NA	0.029	0.073	0.145	5
numerische					
Apertur					10
Brenn-	Fy	68.9	68.9	68.9	
weite					15
Beleuchtungs-	Φ_H	26.2	8.0	2.0	
bereich					20

(RDX-Richtung)

		Niedrigste	Mittlere	Größte	
		Vergrößerung	Vergrößerung	Vergrößerung	
Probenseitige	NA	0.022	0.06	0.111	25
numerische					
Apertur					30
Brenn-	Fx	90.0	90.0	90.0	
weite					35
Beleuchtungs-	Φ_H	26.2	8.0	2.0	
bereich					40

Es sollte angemerkt werden, dass Werte von A_2 und A_{10} für einige asphärische Flächen nicht gezeigt sind; in diesem Falle sind die Werte von A_2 und A_{10} null.

Wie oben gesagt wurde, eliminiert die vorliegende Erfindung Autofluoreszenz, welche ansonsten im Betrachtungs-Optiksystem durch Anregungslicht erzeugt worden wäre und verhindert das Auftreten von Autofluoreszenz aus dem Objektiv und dem Betrachtungs-Optiksystem durch die Anordnung der Distalend-Beleuchtungseinheit, wodurch die Betrachtung eines Fluoreszenzabbildes mit hohem Kontrast gestattet wird. Darüber hinaus ist es möglich, ein herkömmliches Mikroskopsystem in ein Fluoreszenzbetrachtungssystem umzuwandeln, ohne dieses durch Integrieren des Fluoreszenzbeleuchtungs-Optiksystems und des Absorptionsfilters in eine Einheit oder durch Integrieren des Fluoreszenzbeleuchtungs-Optiksystems, des Absorptionsfilters und der Distalend-Beleuchtungseinheit in eine Einheit umzugestalten.

Zusätzlich kann durch Anordnen der Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung an der Rückseite der Betrachtungsvorrichtung bezüglich des Betrachters ein erweiterter Raum in der Nähe der Probenoberfläche bereitgestellt werden, was zu einer verbesserten Betriebsfähigkeit führt.

Falls die oben beschriebene Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung mit einem Mikroskopsystem kombiniert ist, welche ein Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem umfasst, welches bei einer niedrigen Vergrößerung in der Größenordnung von etwa 10x verwendet wird, ist es möglich, ein System zu bilden, welches, verglichen mit herkömmlichen Fluoreszenzmikroskopen, eine bessere Betriebsfähigkeit bereitstellt und eine Fluoreszenzbetrachtung mit einer sehr hohen numerischen Apertur gestattet. Zusätzlich wird es möglich ein helles Fluoreszenzabbild mit hohem Kontrast zu betrachten, da der Einfluss von Autofluoreszenz minimiert ist.

Eine optische Vorrichtung minimiert Autofluoreszenz und Streulicht ebenso wie eine Leckage von Anregungslicht und nutzt Beleuchtungslicht von einem Fluoreszenzbeleuchtungs-Optiksystem effizient, um eine Betrachtung eines hellen Fluoreszenzabbildes zu gestatten. Eine Betrachtungsvorrichtung besitzt ein Objektiv, eine Betrachtungs-Optiksystemeinheit umfassend ein Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem, und eine Abbildungs-Optiksystemeinheit umfassend eine abbildende Linse und ein Okular. Eine Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung, welche getrennt vorgesehen ist, ist abnehmbar an der Betrachtungsvorrichtung angebracht. Die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung besitzt eine Lichtquelle, eine Sammellinseneinheit und ein zwischen dem Objektiv und der Betrachtungs-Optiksystemeinheit an einer von der optischen Achse des Objektivs verlagerten Position angeordnetes reflektierendes Element, um Licht von der Lichtquelle auf das Objektiv einfallen zu lassen. Zwischen der Lichtquelle und dem reflektierenden Element ist ein Anre-

gungsfilter vorgesehen. Zwischen dem Objektiv und der Betrachtungs-Optiksystemeinheit ist ein optisches Element zum selektiven Durchlassen von Fluoreszenzlicht, welches von einer Probe ausgesendet wird, angeordnet.

Patentansprüche

5

1. Eine optische Vorrichtung, umfassend:
eine Betrachtungsvorrichtung mit einem Objektiv, einer Betrachtungs-Optiksystemeinheit umfassend ein Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem, und eine Abbildungs-Optiksystemeinheit umfassend eine abbildende Linse und
10 eine an der Betrachtungsvorrichtung abnehmbar angebrachte Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung;
wobei die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung umfasst:
eine Lichtquelle,
ein reflektierendes Element, welches zwischen dem Objektiv und der Betrachtungs-Optiksystemeinheit an einer von einer optischen Achse des Objektivs verlagerten Position angeordnet ist, um Licht von der Lichtquelle auf das
15 Objektiv einfallen zu lassen; sowie
ein zwischen der Lichtquelle und dem reflektierenden Element angeordnetes Beleuchtungs-Optiksystem, um Beleuchtungslicht von der Lichtquelle zu dem reflektierenden Element zu leiten;
wobei ein erstes Wellenlängenauswahlelement zum selektiven Durchlassen von Licht in einem spezifischen Wellenlängenbereich in dem Beleuchtungslicht zwischen der Lichtquelle und dem reflektierenden Element angeordnet ist
20 und ein zweites Wellenlängenauswahlelement zum selektiven Durchlassen von Licht in einem Wellenlängenbereich von Fluoreszenzlicht, welches von einer Probe ausgesendet wird, zwischen dem Objektiv und der Abbildungs-Optiksystemeinheit angeordnet ist.
2. Eine optische Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das zweite Wellenlängenauswahlelement mit der Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung integriert ausgeführt ist.
- 25 3. Eine optische Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das zweite Wellenlängenauswahlelement mit dem ersten Wellenlängenauswahlelement integriert ausgeführt ist.
4. Eine optische Vorrichtung gemäß Anspruch 1, weiterhin umfassend:
einen Rahmen zum Halten der Probe;
einen an dem Rahmen eingebauten Stab; sowie
30 eine Fokussiereinheit, welche an dem Stab gehalten ist, um einen Abstand zwischen der Probe und dem Objektiv zu verändern;
wobei die Fokussiereinheit die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung hält und die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung die Betrachtungsvorrichtung hält.
5. Eine optische Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Betrachtungs-Optiksystemeinheit und die Abbildungs-Optiksystemeinheit jeweils aus einem Paar von Linseneinheiten gebildet sind, wobei das Paar von Linseneinheiten
35 parallel und symmetrisch bezüglich der optischen Achse des Objektivs angeordnet ist.
6. Eine optische Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das Objektiv, die Betrachtungs-Optiksystemeinheit und die Abbildungs-Optiksystemeinheit jeweils aus einem Paar von Linseneinheiten gebildet sind, wobei das Paar von Linseneinheiten zu einer zu einer Oberfläche der Probe orthogonalen Achse geneigt und bezüglich der Achse symmetrisch
40 angeordnet ist.
7. Eine optische Vorrichtung nach Anspruch 5, wobei die Betrachtungs-Optiksystemeinheit und die Abbildungs-Optiksystemeinheit derart angeordnet sind, dass eine optische Achsen der Linseneinheiten enthaltende Ebene von der optischen Achse des Objektivs verlagert ist.
8. Eine optische Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei wenigstens eine Linseneinheit des Beleuchtungs-Optiksystems in der Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung derart bewegbar ist, dass ein Beleuchtungsbereich des Beleuchtungs-Optiksystems näherungsweise mit einem Betrachtungsbereich übereinstimmt, welcher sich nach Maßgabe eines Vergrößerungsänderungsvorgangs eines Betrachtungs-Optiksystems in der Betrachtungs-Optiksystemeinheit
45 ändert.
9. Eine optische Vorrichtung nach Anspruch 8, wobei das Beleuchtungs-Optiksystem umfasst:
eine Sammellinseneinheit zum Sammeln von Licht von der Lichtquelle;
eine erste Relaislinseneinheit, um ein erstes Abbild der Lichtquelle zu bilden;
eine zweite Relaislinseneinheit, um das erste Abbild der Lichtquelle zu übertragen;
ein in der ersten Relaislinseneinheit vorgesehenes erstes reflektierendes Element;
eine in der Nähe des ersten Abbilds der Lichtquelle angeordnete Aperturblende; sowie
50 wenigstens eine bewegbare Linseneinheit und ein zweites reflektierendes Element, welche in der zweiten Relaislinseneinheit vorgesehen sind;
wobei das erste Wellenlängenauswahlelement austauschbar in dem Beleuchtungs-Optiksystem vorgesehen ist.
10. Eine optische Vorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei ein Abstand zwischen der Sammellinseneinheit und der Lichtquelle geändert wird, um eine kritische Beleuchtung zu gestatten, bei welcher eine Position, an welche ein Abbild der Lichtquelle projiziert wird, und die Probe näherungsweise miteinander übereinstimmen.
- 60 11. Eine optische Vorrichtung nach Anspruch 10, wobei eine Veränderung des Abstands zwischen der Sammellinseneinheit und der Lichtquelle unabhängig von einem Vergrößerungsänderungsvorgang eines Betrachtungs-Optiksystems in der Betrachtungs-Optiksystemeinheit ist, und ein Abstand D zwischen der Lichtquelle und einer zu der Probe konjugierten Position, welche der Lichtquelle am nächsten liegt, in dem Beleuchtungs-Optiksystem der folgenden Bedingung genügt:

$$|DI| \leq 3 \text{ Millimeter.}$$

12. Eine optische Vorrichtung nach Anspruch 2, weiterhin umfassend:
einen Mechanismus, durch welchen das erste Wellenlängenauswahlelement und das zweite Wellenlängenauswahlelement gegen ein anderes erstes Wellenlängenauswahlelement bzw. ein anderes zweites Wellenlängenauswahlelement miteinander verbunden gewechselt werden.
13. Eine optische Vorrichtung, umfassend:
eine Betrachtungsvorrichtung mit einem Objektiv, einer Betrachtungs-Optiksystemeinheit umfassend ein Veränderliche-Vergrößerung-Optiksystem, und eine Abbildungs-Optiksystemeinheit umfassend eine abbildende Linse und ein Okular; sowie
eine an der Betrachtungsvorrichtung abnehmbar angebrachte Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung;
wobei die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung umfasst:
eine Lichtquelle,
eine in der Nähe des Objektivs angeordnete Distalend-Beleuchtungseinheit; sowie
ein zwischen der Lichtquelle und der Distalend-Beleuchtungseinheit angeordnetes Beleuchtungs-Optiksystem, um Beleuchtungslicht von der Lichtquelle zu der Distalend-Beleuchtungseinheit zu leiten;
wobei ein erstes Wellenlängenauswahlelement zum selektiven Durchlassen von Licht in einem spezifischen Wellenlängenbereich in dem Beleuchtungslicht zwischen der Lichtquelle und der Distalend-Beleuchtungseinheit angeordnet ist und ein zweites Wellenlängenauswahlelement zum selektiven Durchlassen von Licht in einem Wellenlängenbereich von Fluoreszenzlicht, welches von einer Probe ausgesendet wird, zwischen dem Objektiv und der Abbildungs-Optiksystemeinheit angeordnet ist;
wobei die Distalend-Beleuchtungseinheit an einem Umfang des Objektivs derart angeordnet ist, dass eine Mittenposition eines Betrachtungs-Optiksystems in der Betrachtungs-Optiksystemeinheit und eine Mittenposition von Beleuchtungslicht, welches durch die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung zugeführt wird, miteinander an einer Oberfläche der Probe zusammenfallen; und
wobei das Beleuchtungs-Optiksystem wenigstens eine bewegbare Linse und einen Bewegungsmechanismus aufweist, sodass die bewegbare Linseneinheit sich nach Maßgabe einer Veränderung der Vergrößerung des Betrachtungs-Optiksystems bewegt, um einen Betrachtungsbereich und einen Beleuchtungsbereich näherungsweise miteinander in Übereinstimmung zu bringen.
14. Eine optische Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei das zweite Wellenlängenauswahlelement mit der Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung integriert ausgeführt ist.
15. Eine optische Vorrichtung nach Anspruch 14, wobei das zweite Wellenlängenauswahlelement mit dem ersten Wellenlängenauswahlelement integriert ausgeführt ist.
16. Eine optische Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung die Probe mit Licht von der Lichtquelle durch die Distalend-Beleuchtungseinheit hindurch beleuchtet, ohne dass dieses durch das Objektiv hindurchtritt.
17. Eine optische Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei die Distalend-Beleuchtungseinheit Linsen aufweist, wobei wenigstens eine Linse in der Distalend-Beleuchtungseinheit derart angeordnet ist, dass eine optische Achse der Linse von einer optischen Achse der Distalend-Beleuchtungseinheit verlagert ist.
18. Eine optische Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei die Distalend-Beleuchtungseinheit ein optisches Element umfasst, welches lediglich aus ebenen Flächen gebildet ist, und welches einfallendes Licht von sich lediglich durch einen Brechungsvorgang ausgehen lässt.
19. Eine optische Vorrichtung gemäß Anspruch 13, wobei die Distalend-Beleuchtungseinheit ein optisches Element umfasst, welches lediglich aus ebenen Flächen gebildet ist und welches einfallendes Licht von sich durch einen Brechungsvorgang und einen Reflexionsvorgang ausgehen lässt.
20. Eine optische Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei die Distalend-Beleuchtungseinheit in der Reihenfolge von einer Seite des Beleuchtungs-Optiksystems umfasst:
ein erstes Ablenkelement und ein zweites Ablenkelement, welche in einer Ebene orthogonal zu einer sowohl eine optische Achse des Objektivs als auch eine in die Distalend-Beleuchtungseinheit eintretende optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems aufweisende Ebene vorgesehen sind;
wobei das erste Ablenkelement die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems ablenkt;
wobei das zweite Ablenkelement die durch das erste Ablenkelement abgelenkte optische Achse derart ablenkt, dass die optische Achse schräg zur Oberfläche der Probe in einer die optische Achse des Objektivs enthaltenden Ebene verläuft.
21. Eine optische Vorrichtung nach Anspruch 20, wobei die Distalend-Beleuchtungseinheit weiterhin wenigstens zwei dritte Ablenkelemente umfasst, um die optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems abzulenken, wobei die wenigstens zwei dritten Ablenkelemente näher an der Lichtquelle als das erste Ablenkelement in einer Ebene orthogonal zu einer Ebene, welche sowohl die in die Distalend-Beleuchtungseinheit eintretende optische Achse des Beleuchtungs-Optiksystems als auch die optische Achse des Objektivs enthält, angeordnet sind.
22. Eine optische Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei die Distalend-Beleuchtungseinheit ein optisches Element mit wenigstens zwei torischen Flächen umfasst.
23. Eine optische Vorrichtung gemäß Anspruch 13, wobei die Distalend-Beleuchtungseinheit ein optisches Element umfasst, welches wenigstens eine Fläche aufweist, die bezüglich der optischen Achse asymmetrisch ist.
24. Eine optische Vorrichtung nach Anspruch 22, welche den folgenden Bedingungen genügt:

$$F_y < F_x$$

$$0.8 < (F_y/F_x)/\cos\theta < 1.2$$

wobei θ ein zwischen der die Distalend-Beleuchtungseinheit verlassenden optischen Achse des Beleuchtungs-Optiksystems und der optischen Achse des Objektivs gebildeter Winkel ist; F_x eine Brennweite der Distalend-Be-

leuchtungseinheit in einer Richtung einer kleinen Halbachse eines elliptischen Beleuchtungsbereichs ist, welcher an der Probe gebildet ist, wenn sie durch ein aus einem rotationssymmetrischen optischen System gebildeten Beleuchtungs-Optiksystem beleuchtet wird; F_y eine Brennweite der Distalend-Beleuchtungseinheit in einer Richtung einer großen Halbachse des elliptischen Beleuchtungsbereichs ist, welche orthogonal zur Richtung der kleinen Halbachse ist.

25. Eine optische Vorrichtung gemäß Anspruch 22, welche den folgenden Bedingungen genügt:

$$|M_y| < |M_x|$$

$$0.8 < (|M_y|/|M_x|)/\cos\theta < 1.2$$

wobei θ ein zwischen der die Distalend-Beleuchtungseinheit verlassenden optischen Achse des Beleuchtungs-Optiksystems und der optischen Achse des Objektivs gebildeter Winkel ist; M_x eine Projektionsvergrößerung des optischen Systems der Distalend-Beleuchtungseinheit in einer Richtung einer kleinen Halbachse eines elliptischen Beleuchtungsbereichs ist, welcher an der Probe gebildet ist, wenn sie unter dem Winkel θ mit einem rotationssymmetrischen optischen System beleuchtet wird und welche erhalten wird durch $M_x = I/I_x'$, wobei I die Probe ist und I_x' ein Probenabbild ist, welches durch die Distalend-Beleuchtungseinheit gebildet ist; M_y eine Projektionsvergrößerung des optischen Systems der Distalend-Beleuchtungseinheit in einer Richtung einer großen Halbachse des elliptischen Beleuchtungsbereichs ist, welche orthogonal zur Richtung der kleinen Halbachse ist, wobei die Projektionsvergrößerung M_y durch $M_y = I/I_y'$ erhalten wird, wobei I die Probe ist und I_y' ein Probenabbild ist, welches durch die Distalend-Beleuchtungseinheit gebildet ist.

26. Eine optische Vorrichtung nach Anspruch 13, welche der folgenden Bedingung genügt:

$$0.7 \leq F_{ob}/F \leq 1.2$$

wobei F eine Brennweite des optischen Systems der Distalend-Beleuchtungseinheit ist und F_{ob} eine Brennweite des Objektivs ist.

27. Eine optische Vorrichtung nach Anspruch 13, welche der folgenden Bedingung genügt:

$$0.5 \leq S_{ob}/S \leq 1.4$$

wobei S ein Flächenmaß eines von der Distalend-Beleuchtungseinheit beleuchteten Bereichs ist, und S_{ob} ein Flächenmaß eines mit dem Objektiv betrachteten Bereichs ist.

28. Eine optische Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei ein Bereich einer Linseneinheit des Objektivs, welcher der Probe am nächsten liegt, als eine Linseneinheit der Distalend-Beleuchtungseinheit verwendet ist.

29. Eine optische Vorrichtung nach Anspruch 13, weiterhin umfassend:

einen Rahmen zum Halten der Probe;

einen an dem Rahmen eingebauten Stab;

eine Fokussiereinheit, welche an dem Stab gehalten ist, um einen Abstand zwischen der Probe und dem Objektiv zu verändern;

wobei die Fokussiereinheit die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung hält und die Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung die Betrachtungsvorrichtung hält.

30. Eine optische Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei die Betrachtungs-Optiksystemeinheit und die Abbildungs-Optiksystemeinheit jeweils aus einem Paar von Linseneinheiten gebildet sind, wobei das Paar von Linseneinheiten parallel und symmetrisch bezüglich einer optischen Achse des Objektivs angeordnet ist.

31. Eine optische Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei das Objektiv, die Betrachtungs-Optiksystemeinheit und die Abbildungs-Optiksystemeinheit jeweils aus einem Paar von Linseneinheiten gebildet sind, wobei das Paar von Linseneinheiten zu einer zur Oberfläche der Probe orthogonalen Achse geneigt und bezüglich der Achse symmetrisch angeordnet ist.

32. Eine optische Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei das Beleuchtungs-Optiksystem umfasst:

eine Sammellinseneinheit zum Sammeln von Licht von der Lichtquelle;

eine erste Relaislinseneinheit, um ein erstes Abbild der Lichtquelle zu bilden;

eine zweite Relaislinseneinheit, um das erste Abbild der Lichtquelle zu übertragen;

eine in der Nähe des ersten Abbilds der Lichtquelle angeordnete Aperturblende; sowie

wenigstens eine in der zweiten Relaislinseneinheit vorgesehene bewegliche Linseneinheit.

33. Eine optische Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei ein Abstand zwischen der Sammellinseneinheit und der Lichtquelle verändert wird, um eine kritische Beleuchtung zu gestatten, bei welcher eine Position, an die ein Abbild der Lichtquelle projiziert wird, und die Probe miteinander näherungsweise übereinstimmen.

34. Eine optische Vorrichtung nach Anspruch 33, wobei eine Veränderung des Abstands zwischen der Sammellinseneinheit und der Lichtquelle unabhängig von einem Vergrößerungsänderungsvorgang eines Betrachtungs-Optiksystems in der Betrachtungs-Optiksystemeinheit ist, und ein Abstand D zwischen der Lichtquelle und einer zur Probe konjugierten Position, welche der Lichtquelle in dem Beleuchtungs-Optiksystem am nächsten liegt, der folgenden Bedingung genügt:

$$|D| \leq 3 \text{ Millimeter.}$$

FIG. 1(b)

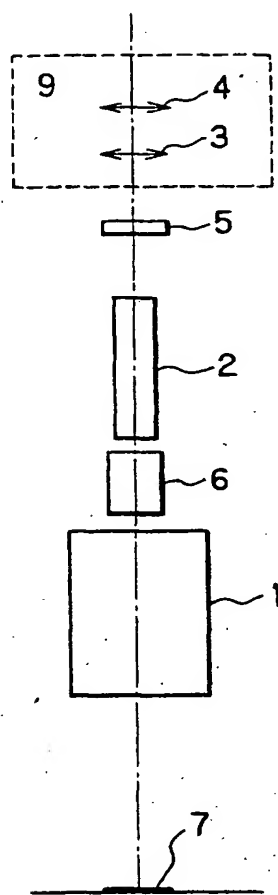


FIG. 1(a)

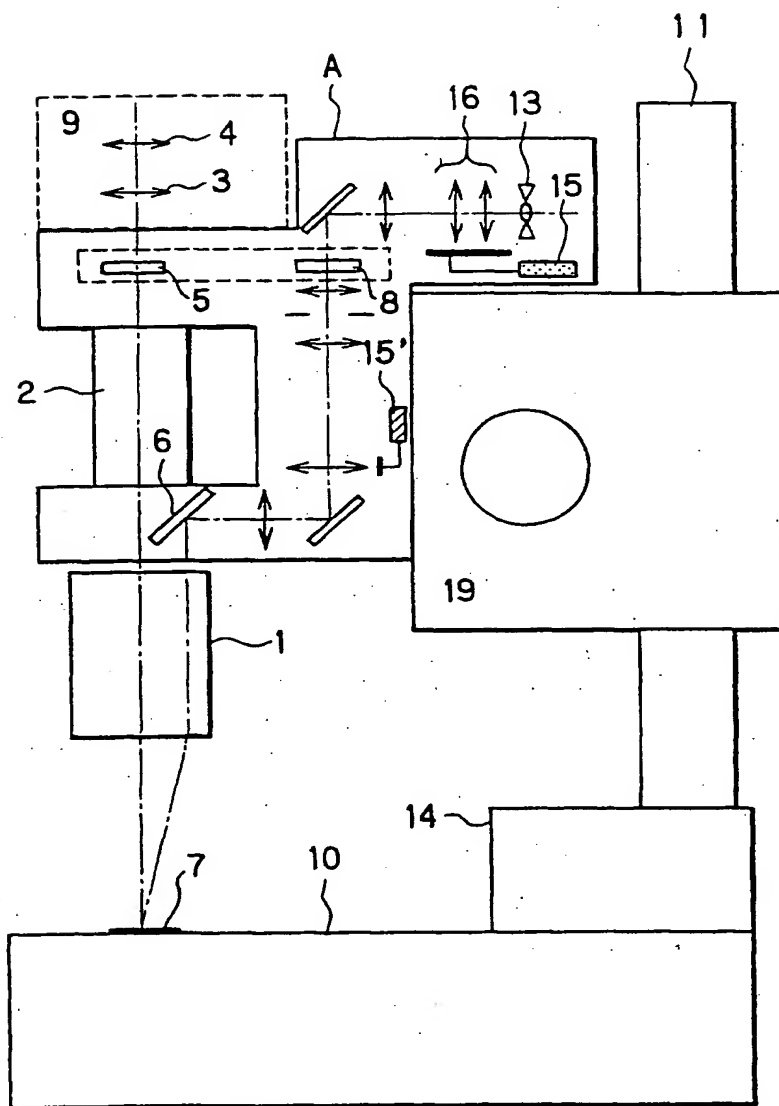


FIG. 2(a)

FIG. 2(b)

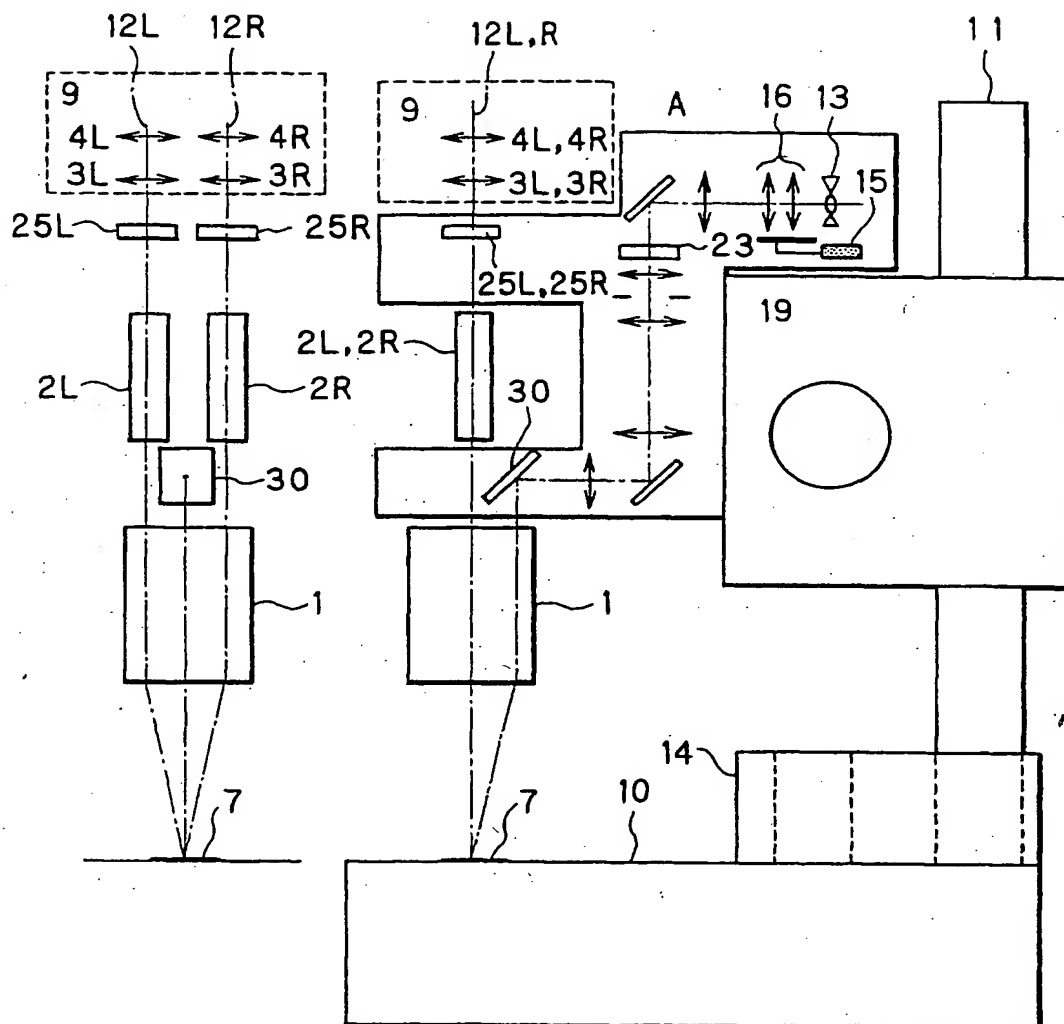


FIG. 3(a)

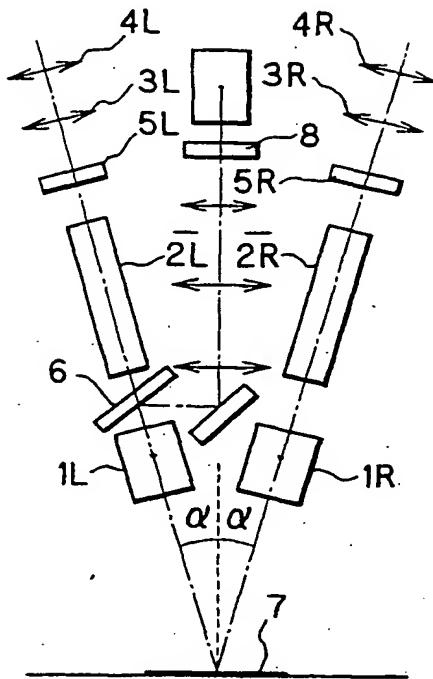


FIG. 3(b)

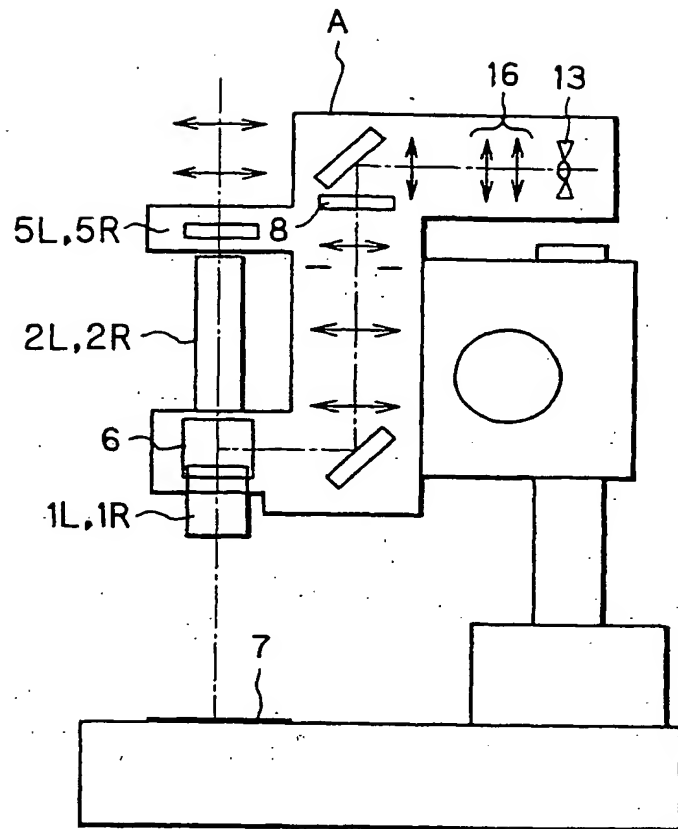


FIG. 4(a)

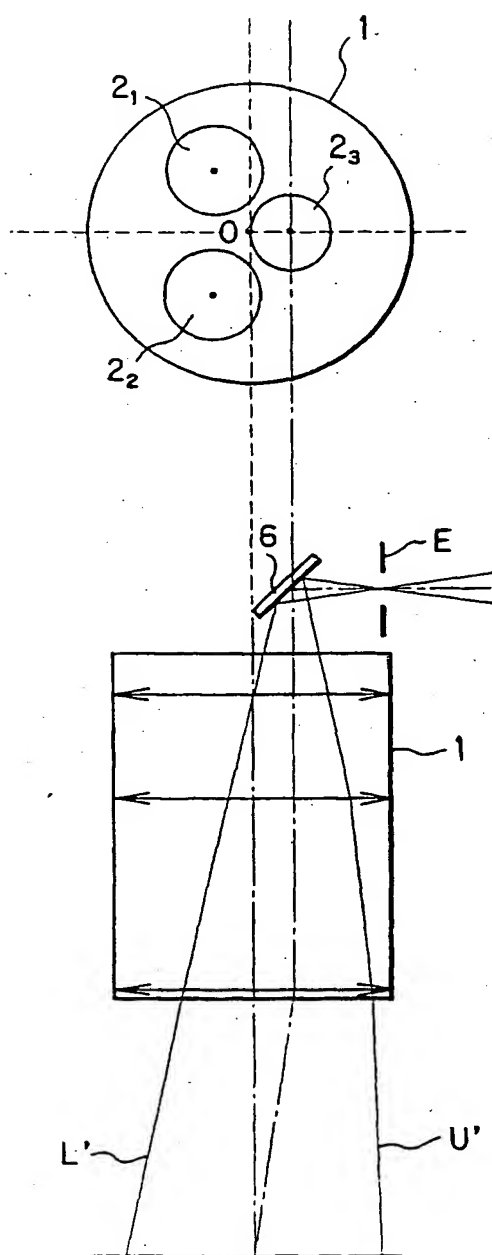


FIG. 4(b)

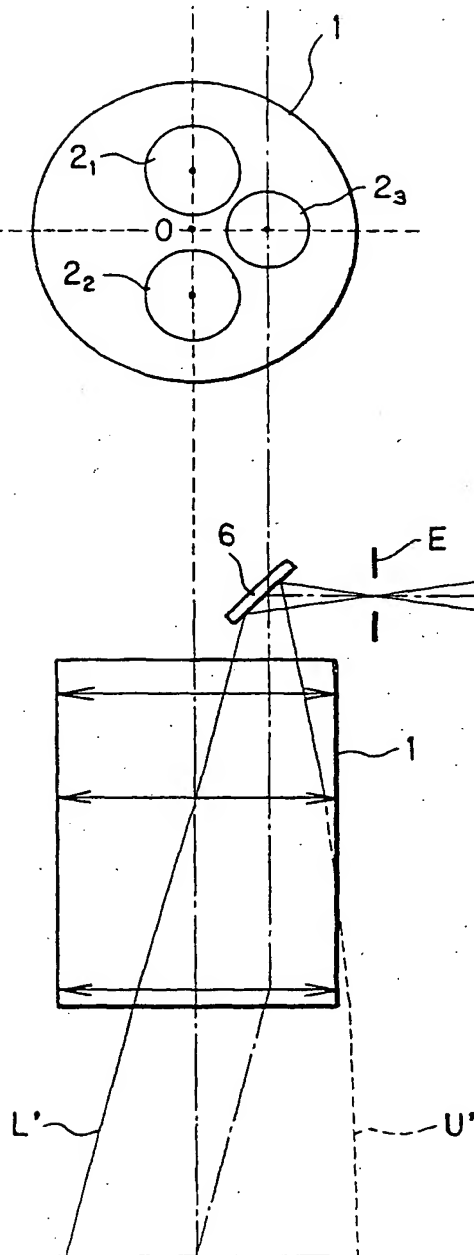


FIG. 5(a)

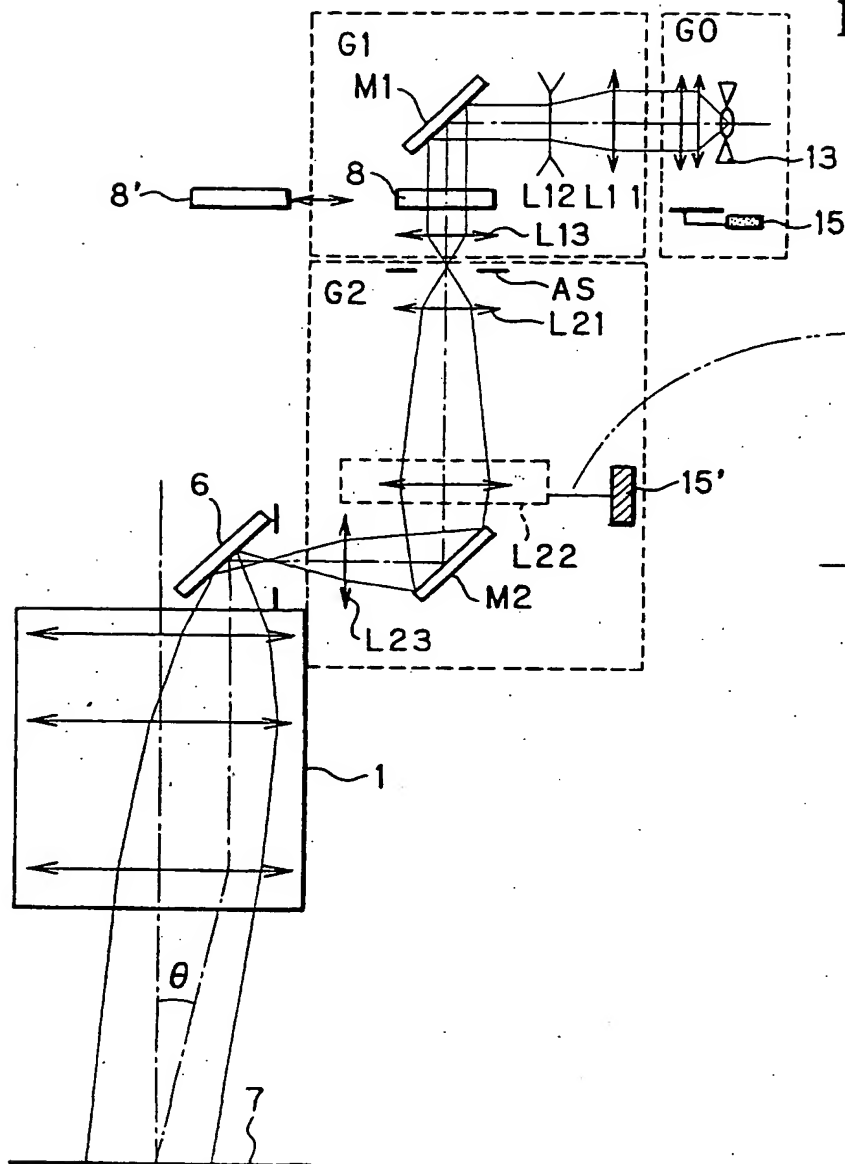


FIG. 5(b)

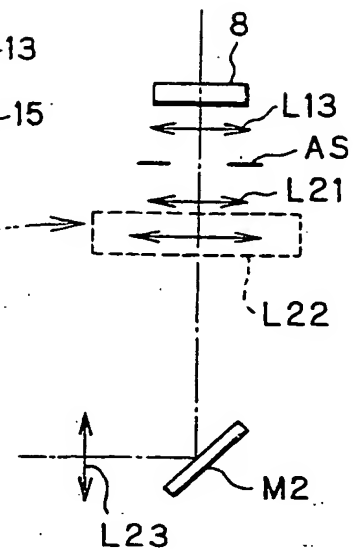


FIG. 6(b)

FIG. 6(a)

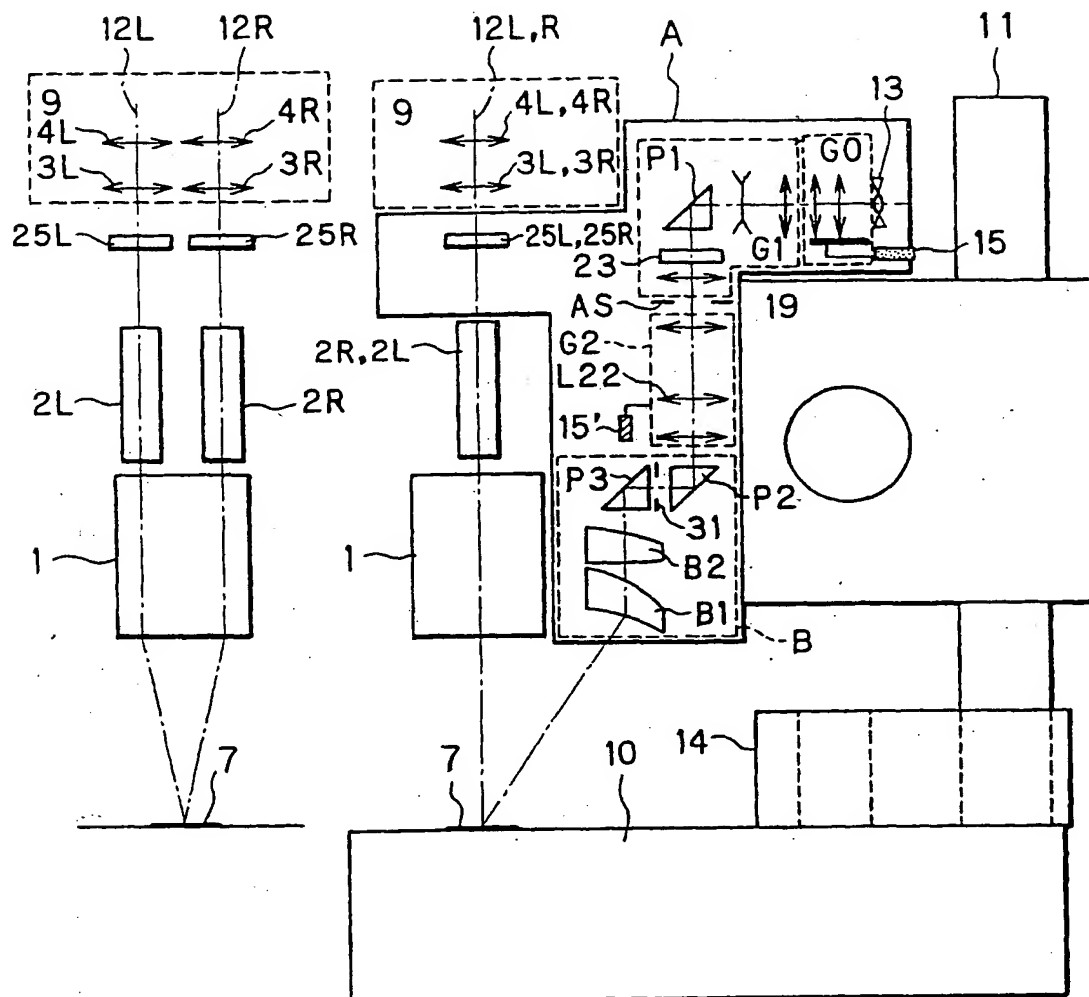


FIG. 7(a)

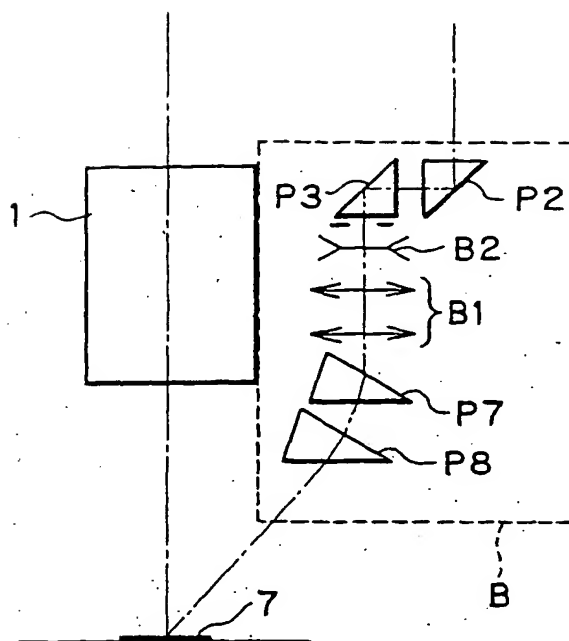


FIG. 7(b)

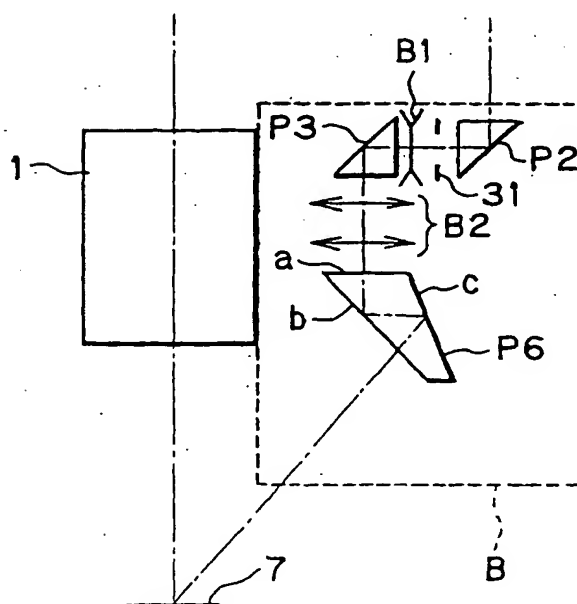


FIG. 8(a)

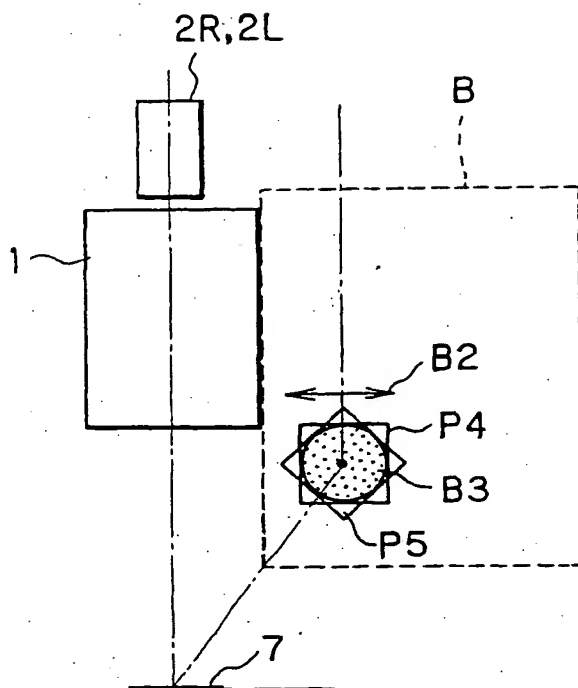


FIG. 8(b)

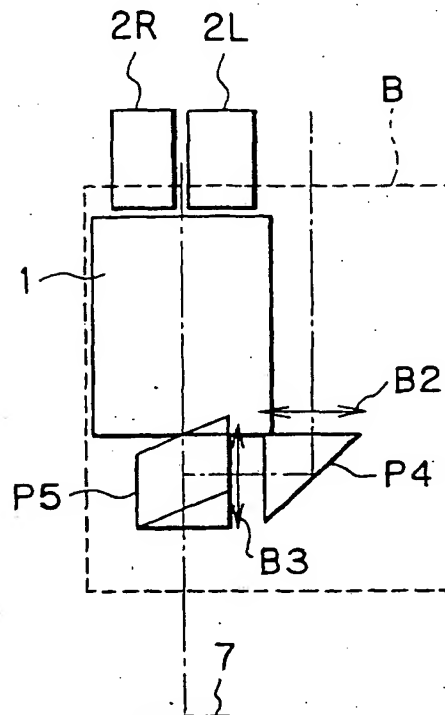


FIG. 8(c)

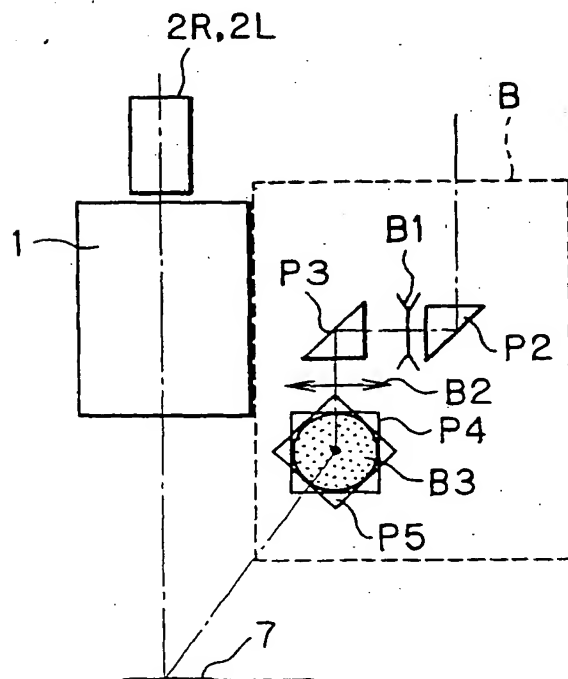


FIG. 8(d)

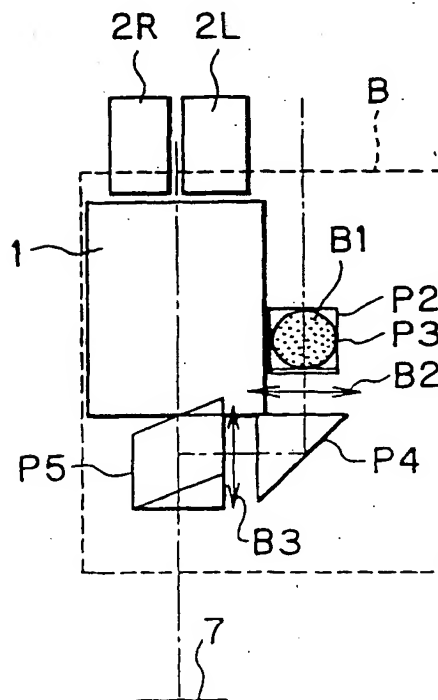


FIG. 9

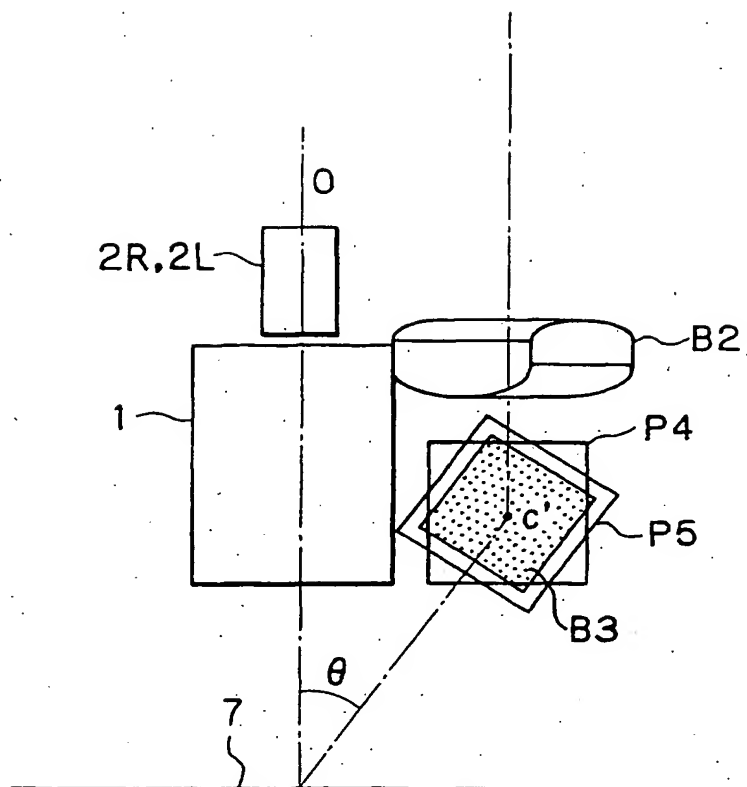


FIG. 10(a)

FIG. 10(b)

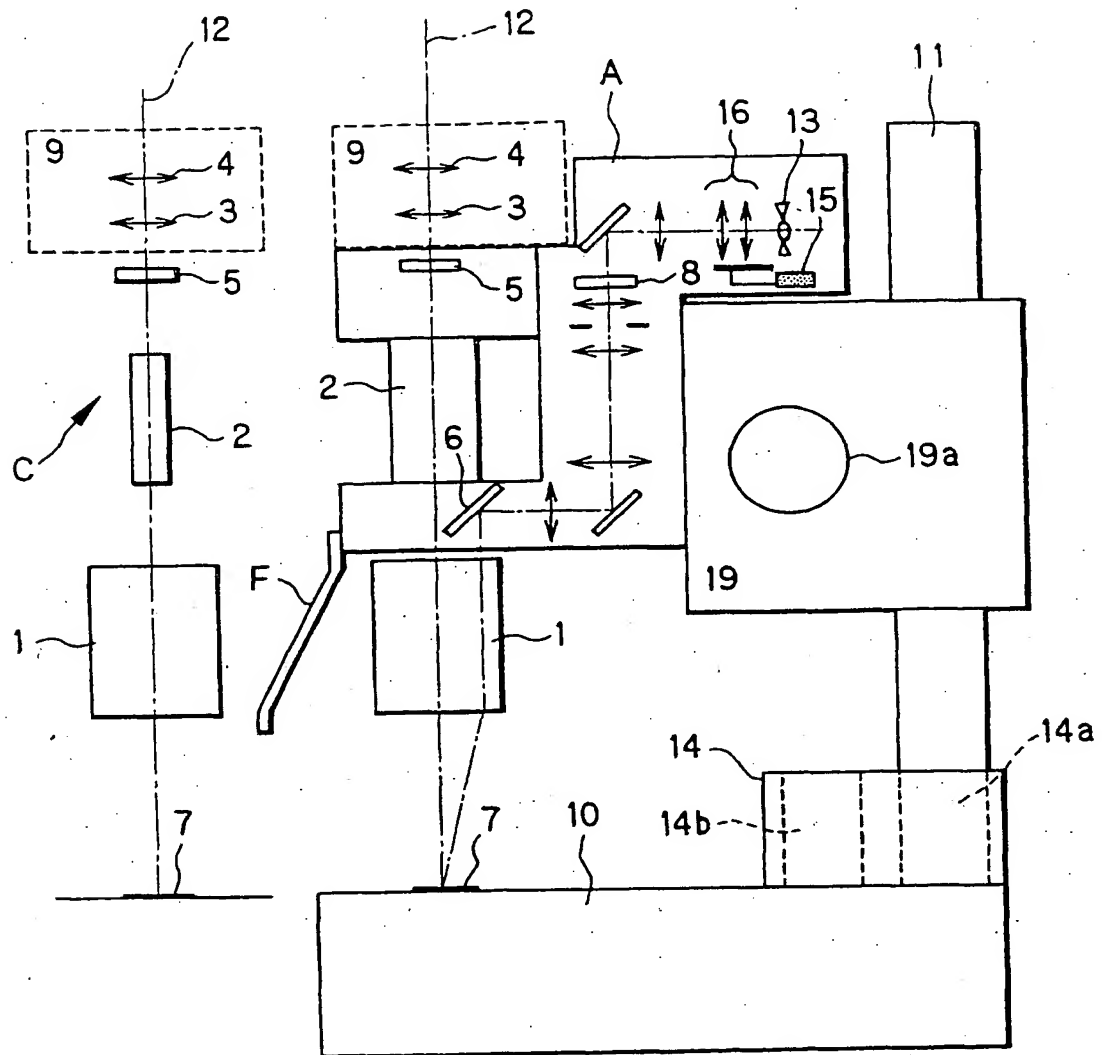


FIG. 11(a)

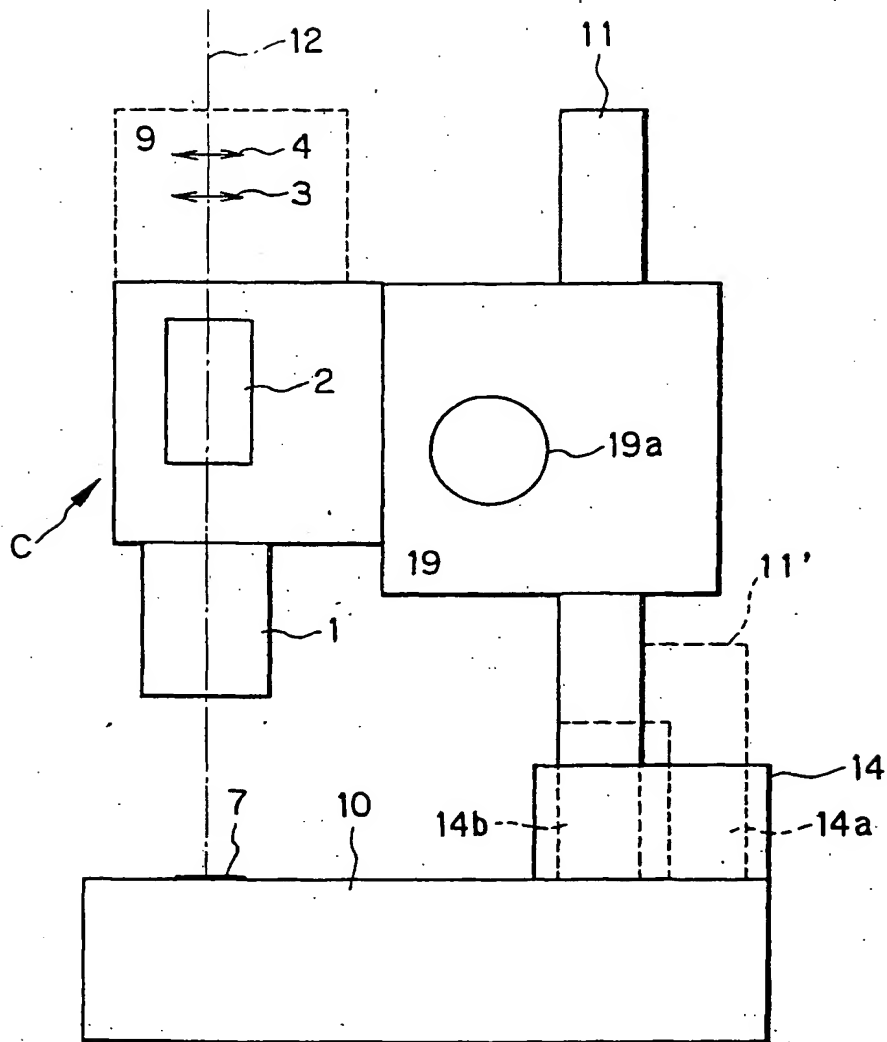


FIG. 11(b)

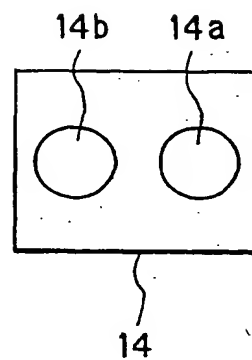


FIG. 12(a)

FIG. 12(b)

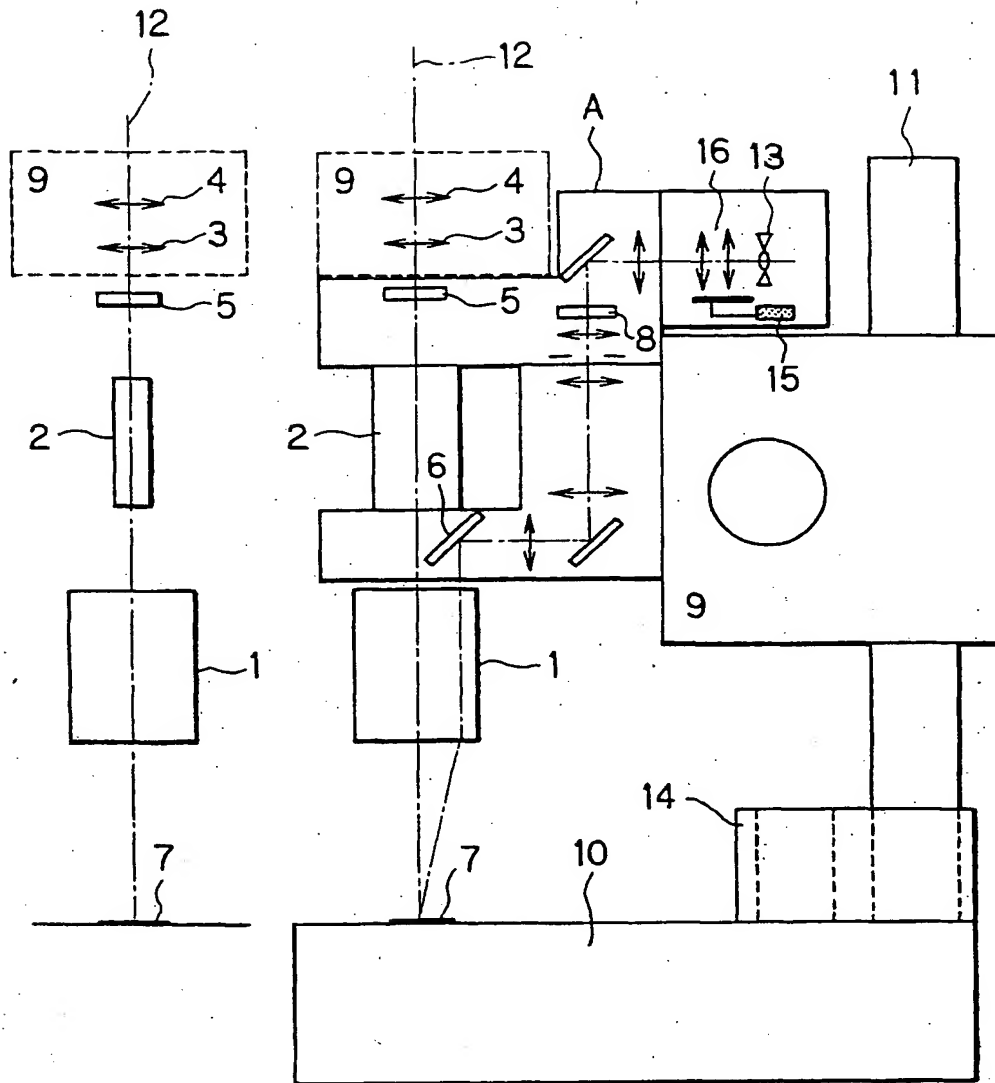


FIG. 13(a)

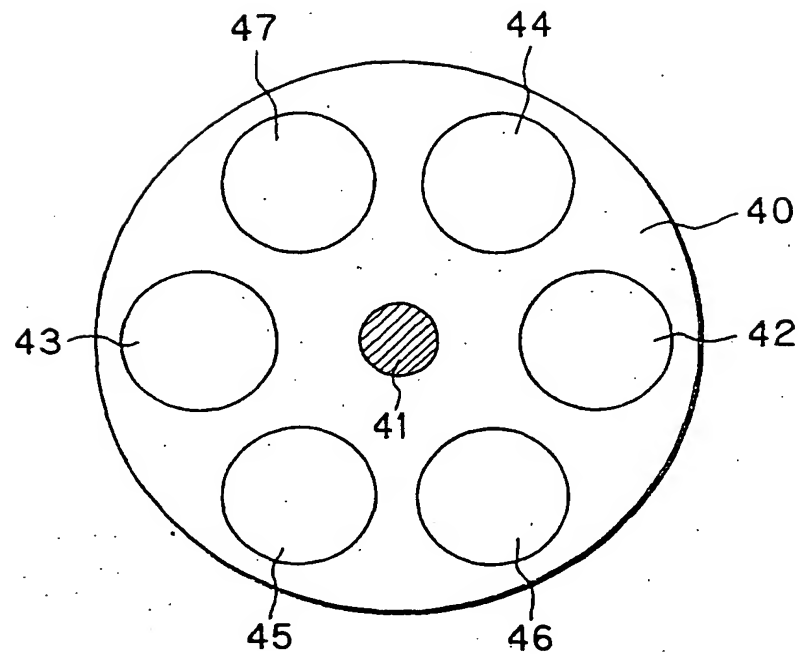


FIG. 13(b)

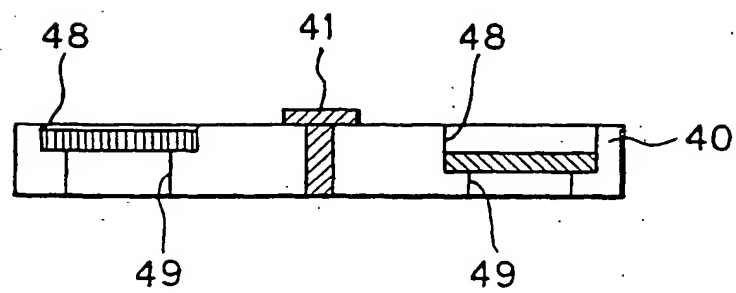


FIG. 14(a)

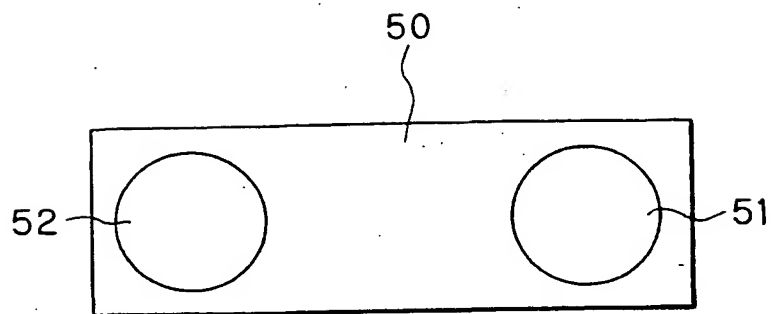


FIG. 14(b)

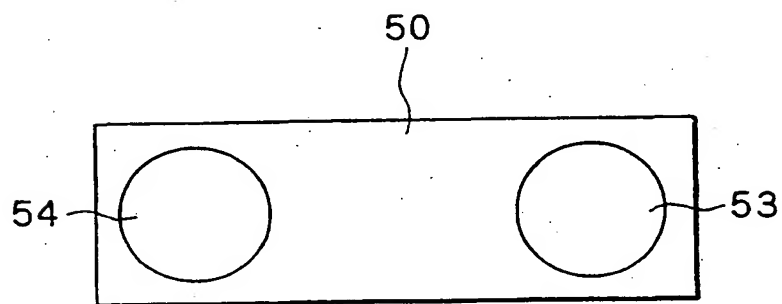


FIG. 14(c)

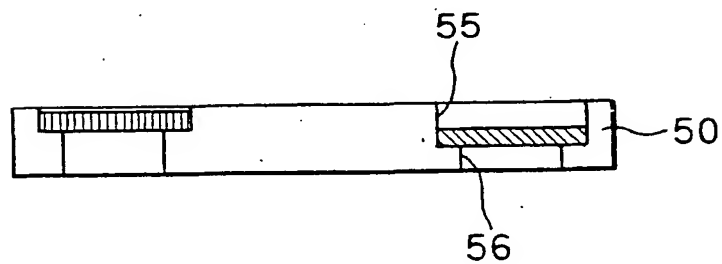


FIG. 15

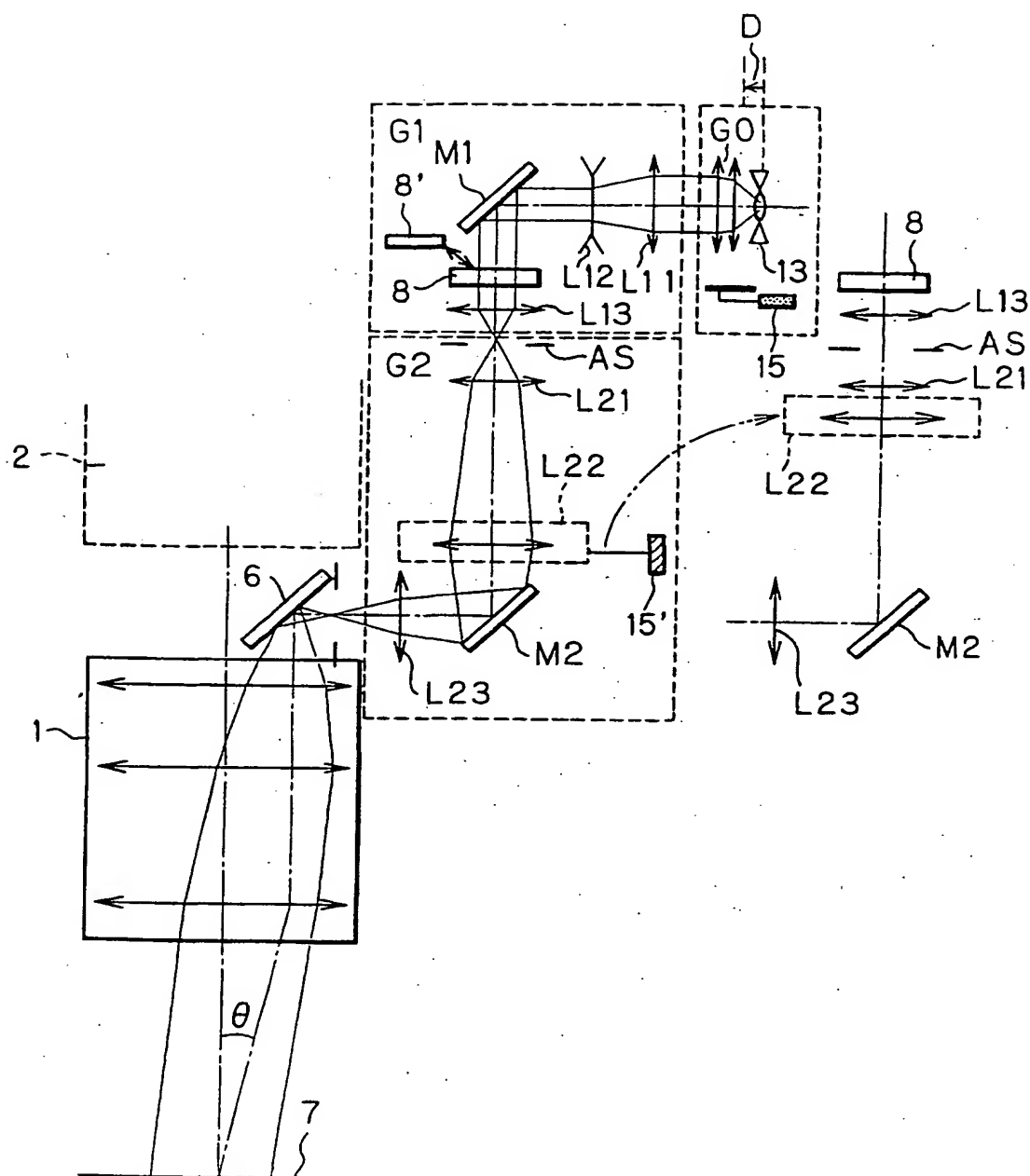


FIG. 16

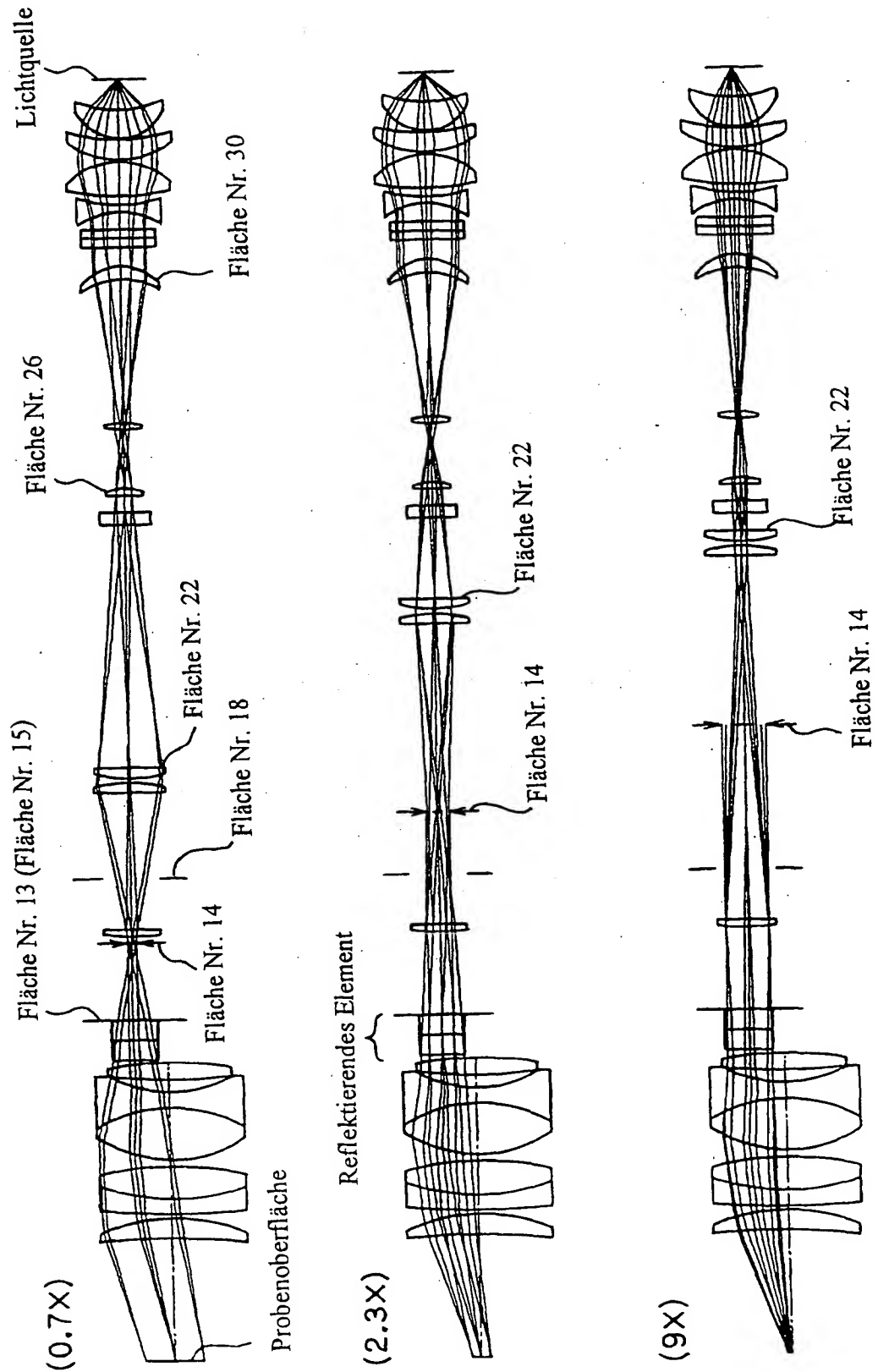


FIG. 17

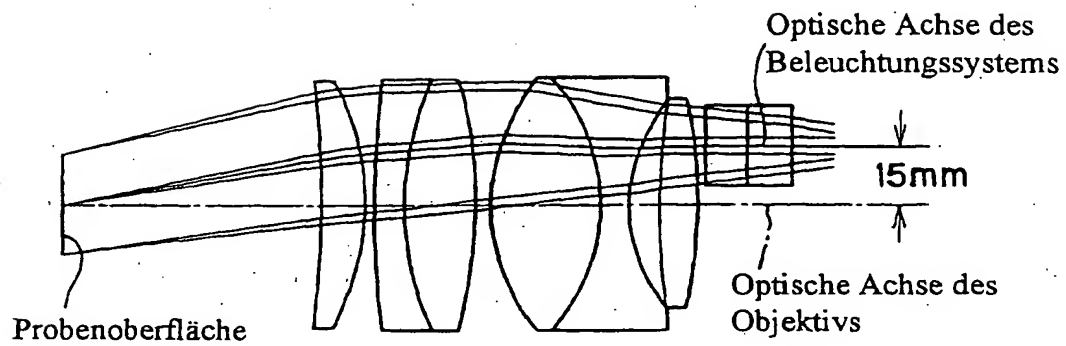


FIG. 18(a)

FIG. 18(b)

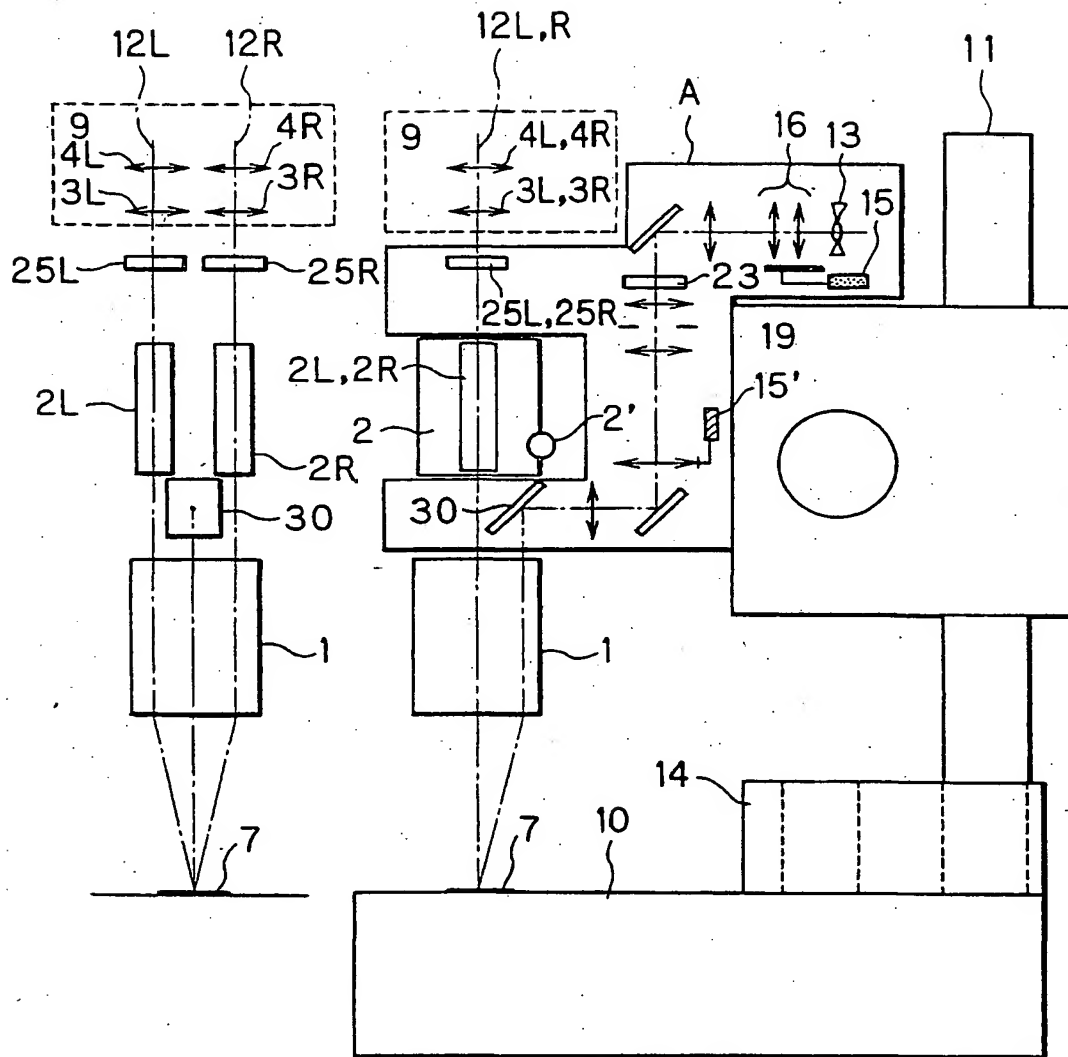


FIG. 19(a)

FIG. 19(b)

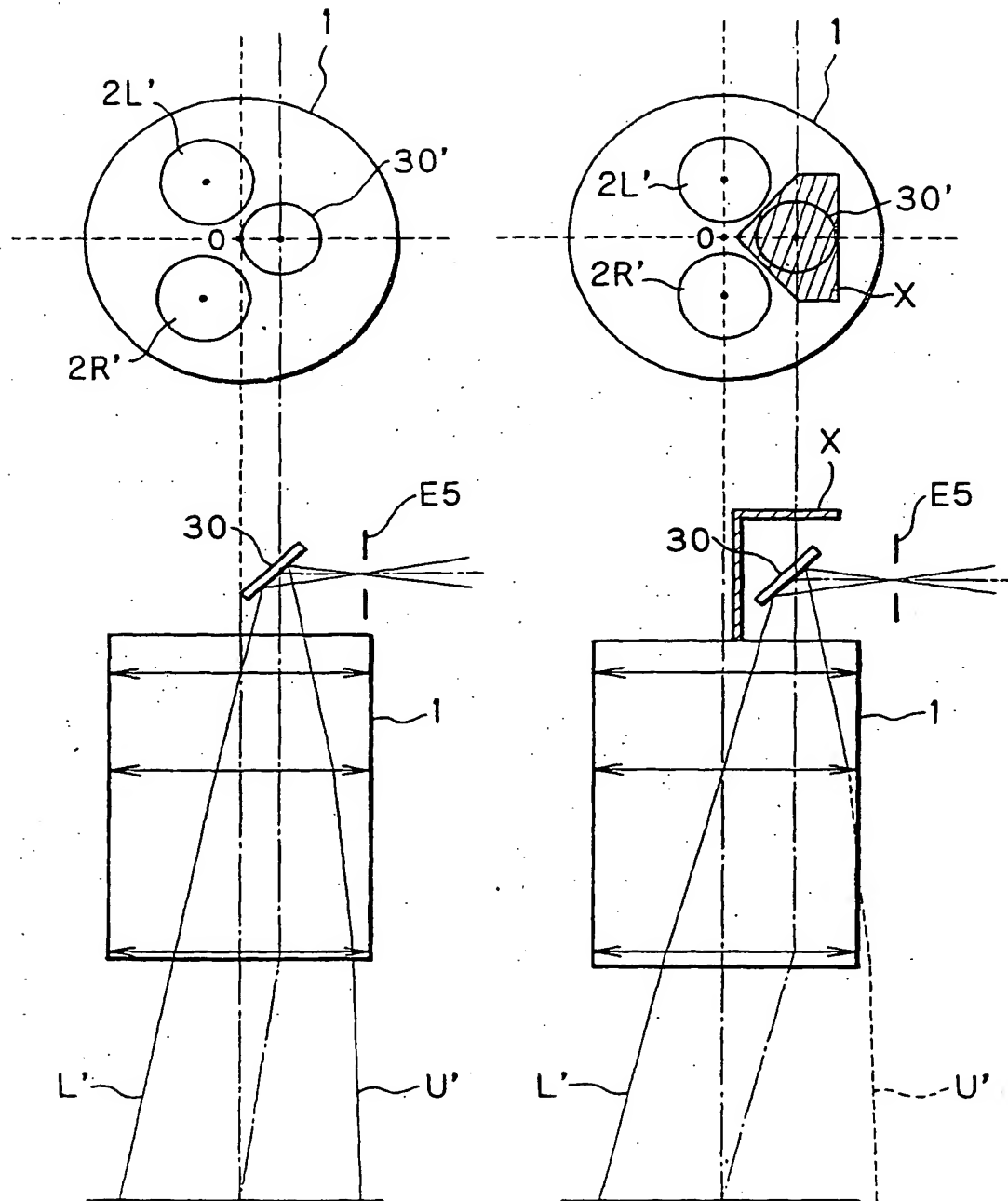


FIG. 20

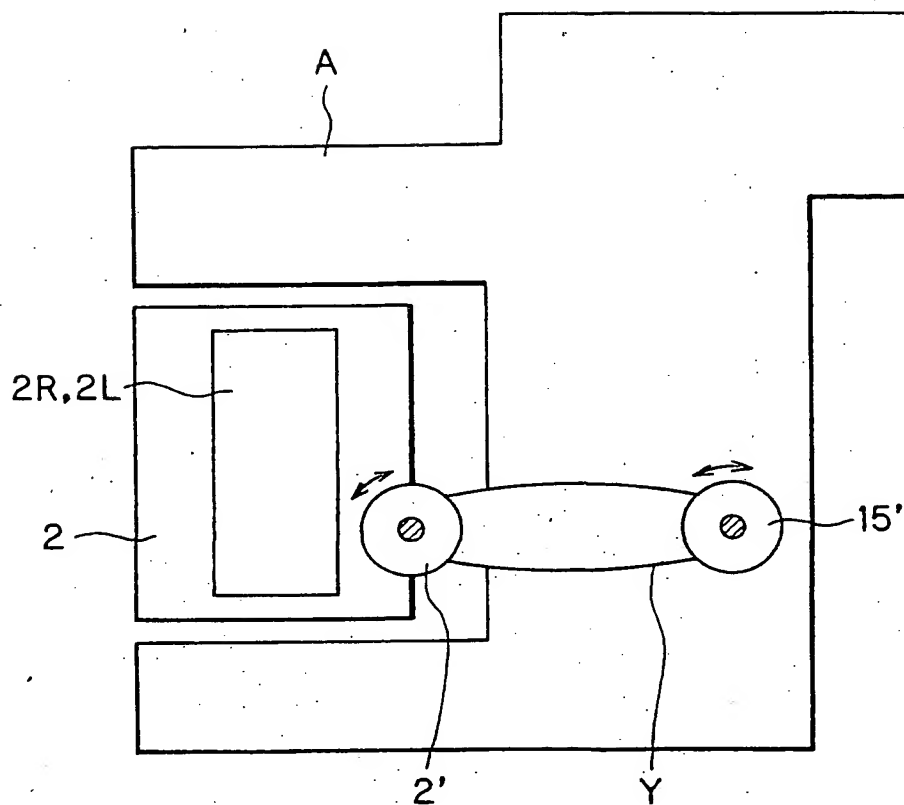


FIG. 21(a)

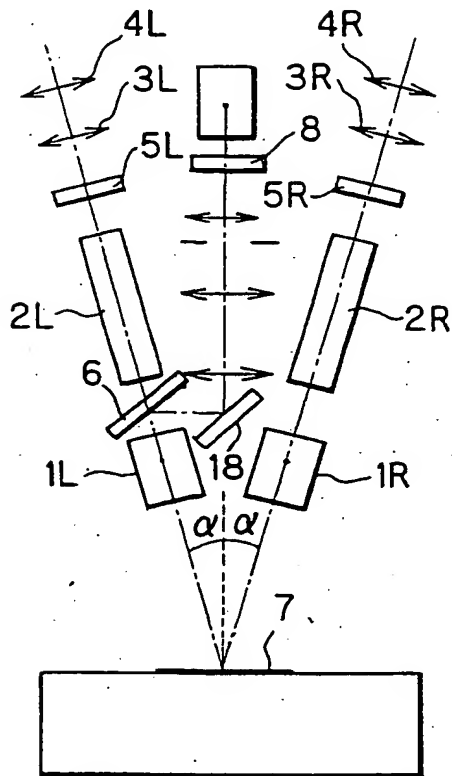


FIG. 21(b)

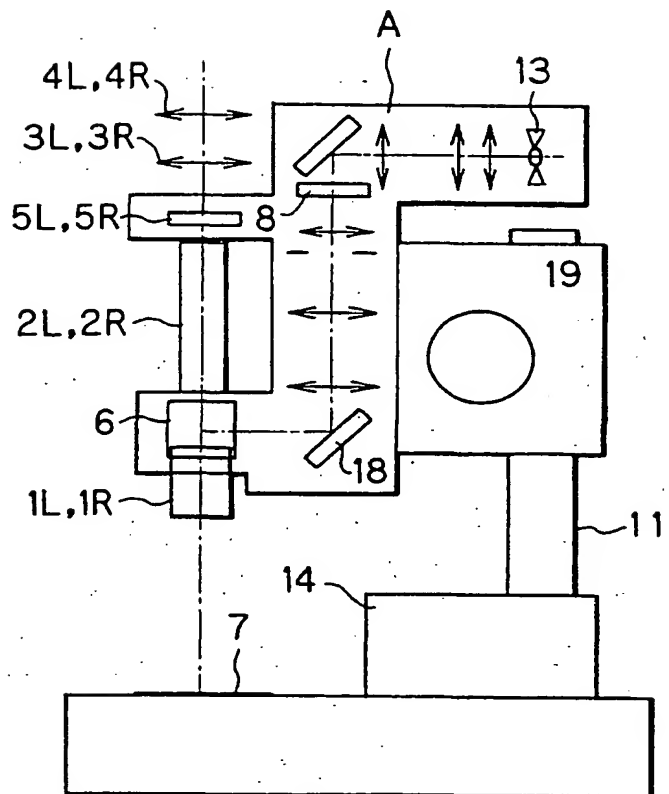


FIG. 22(b)

FIG. 22(a)

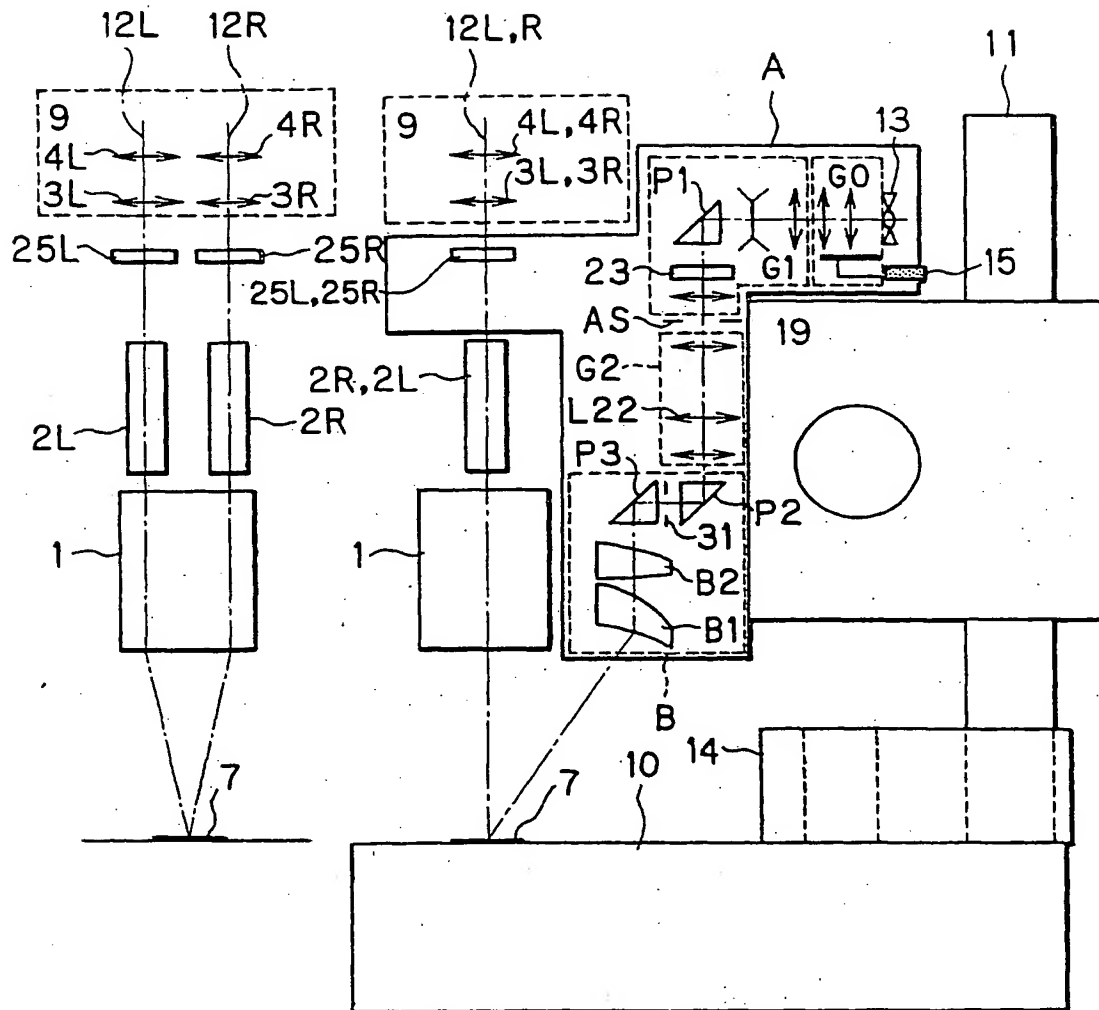
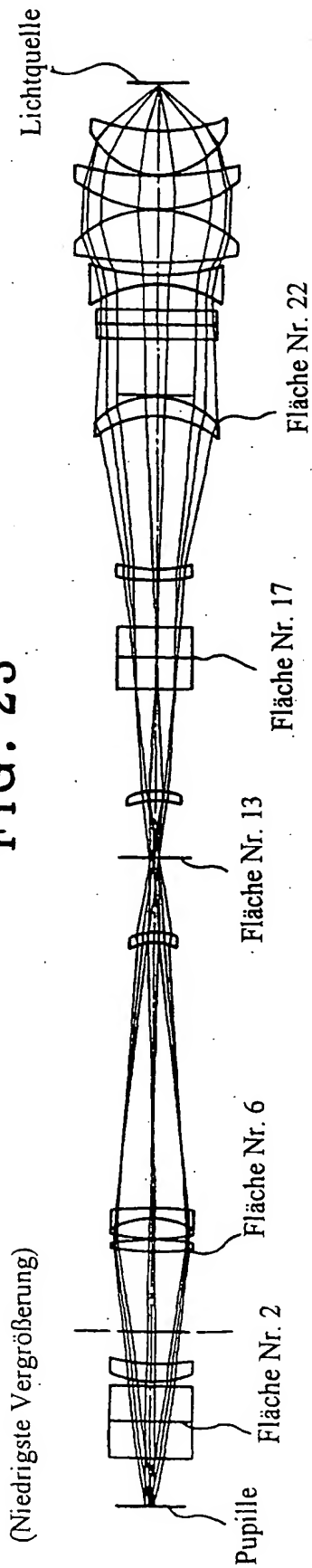
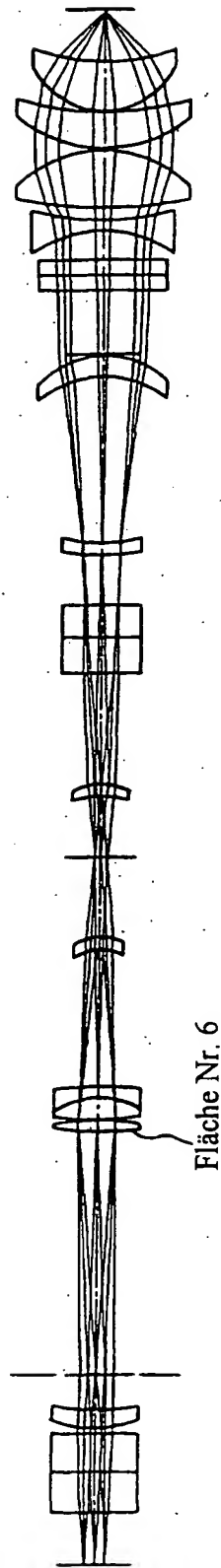


FIG. 23



(Mittlere Vergrößerung)



(Größte Vergrößerung)

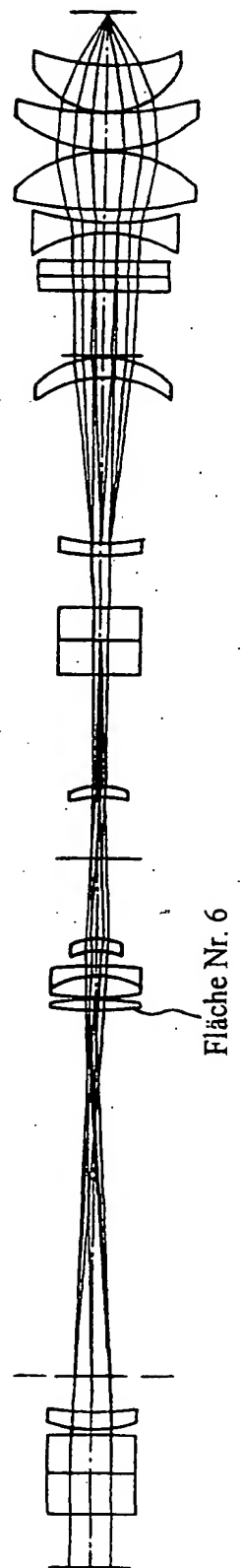


FIG. 24

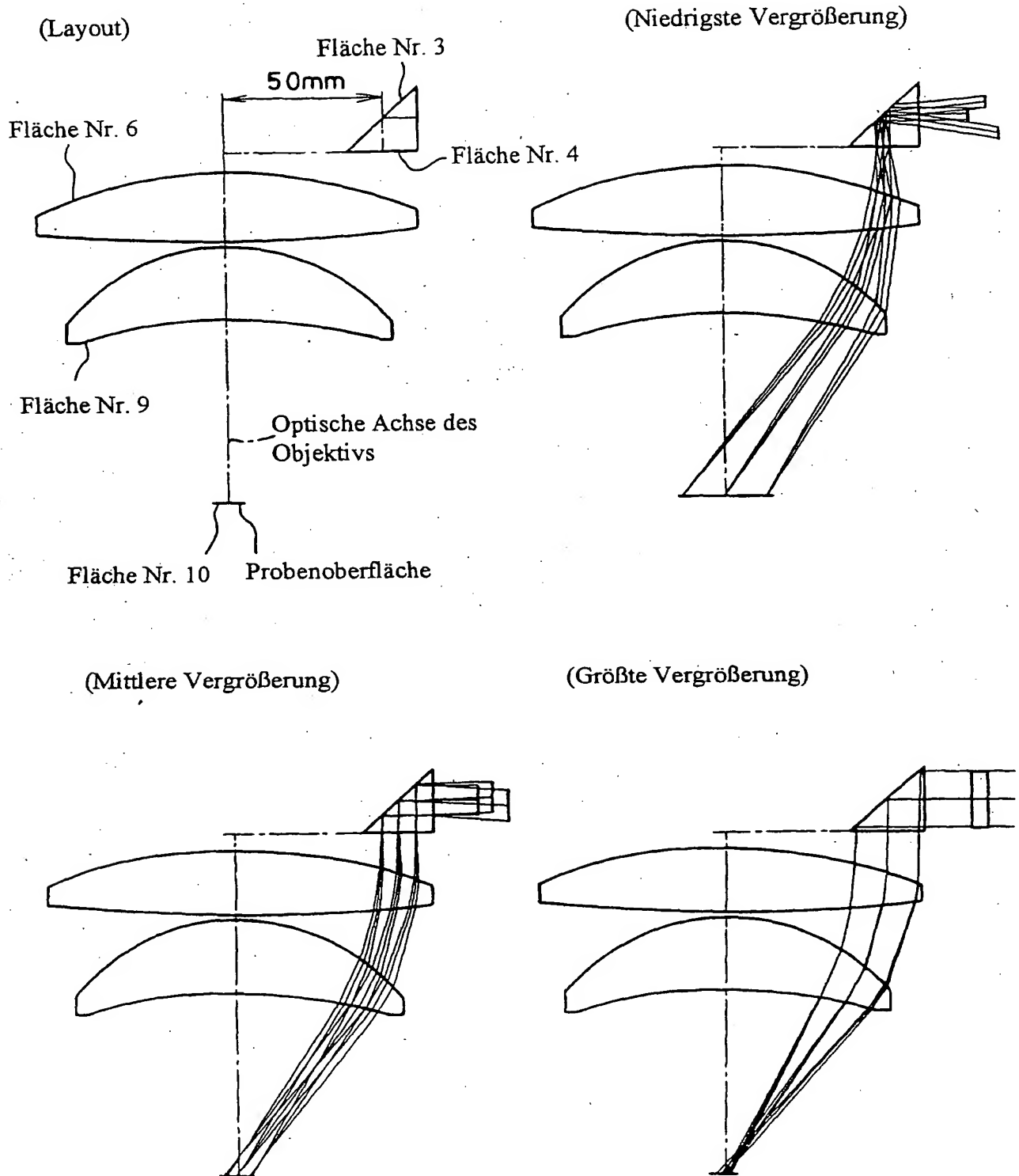


FIG. 25(a)

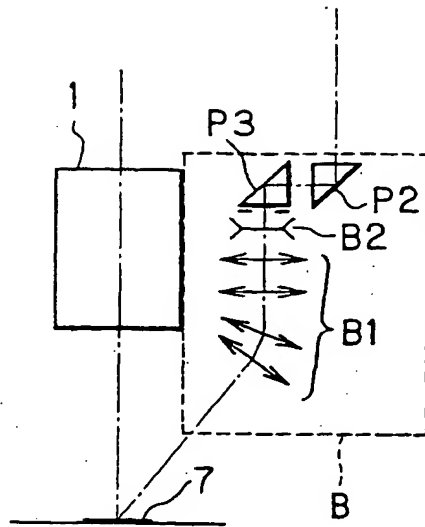


FIG. 25(b)

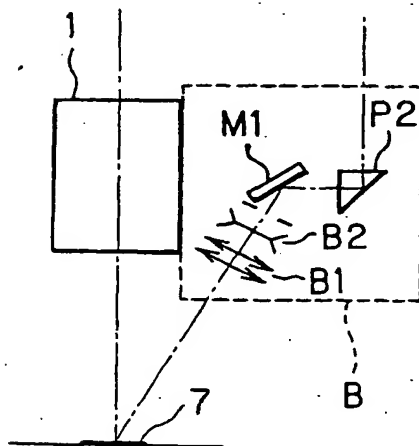


FIG. 25(c)

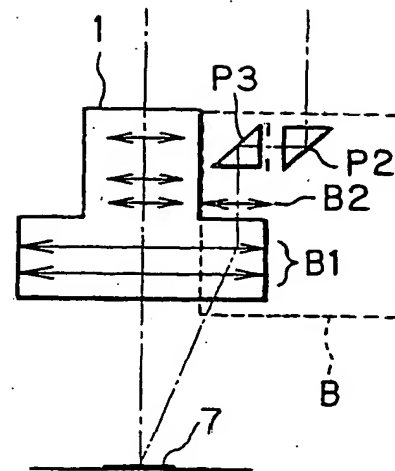


FIG. 26

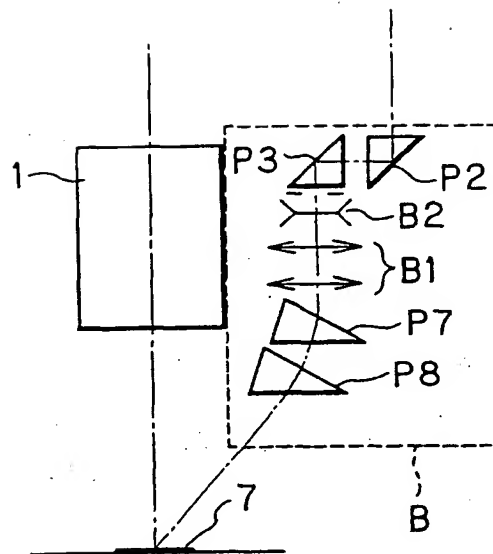
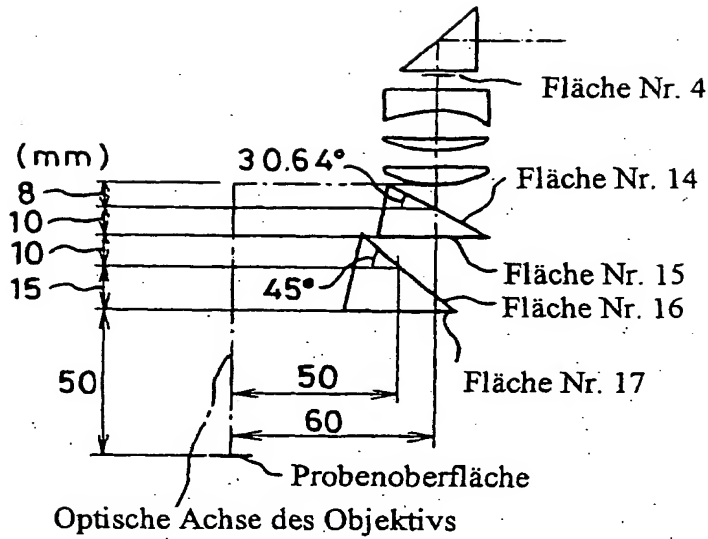
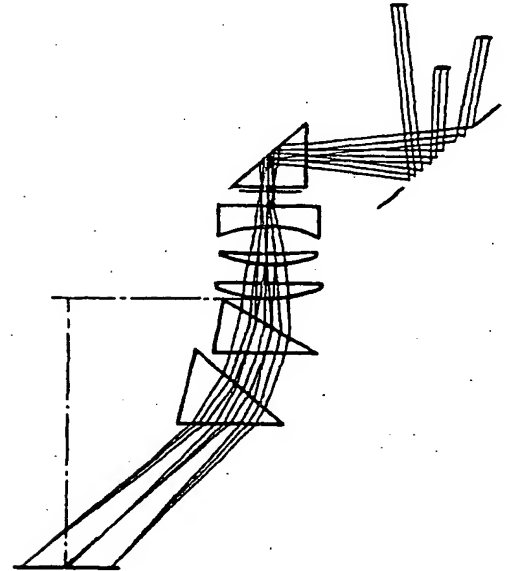


FIG. 27

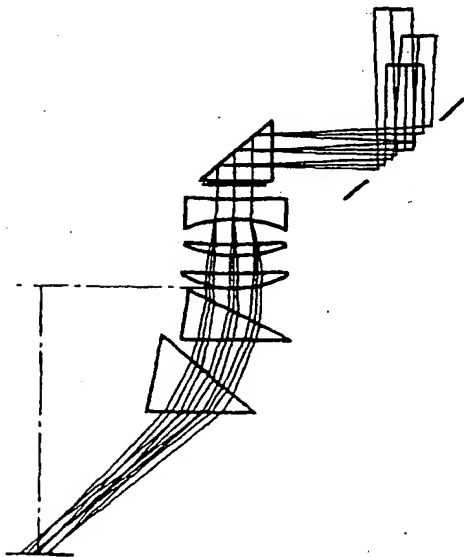
(Layout)



(Niedrigste Vergrößerung)



(Mittlere Vergrößerung)



(Größte Vergrößerung)

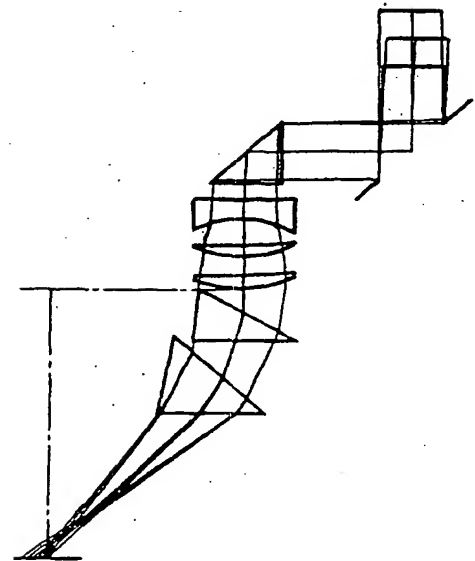


FIG. 28

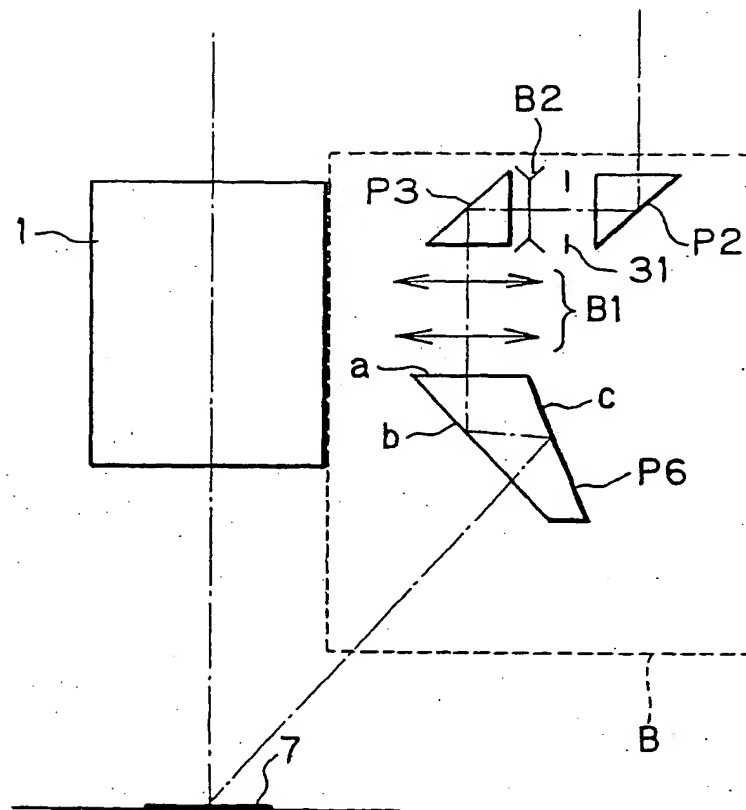
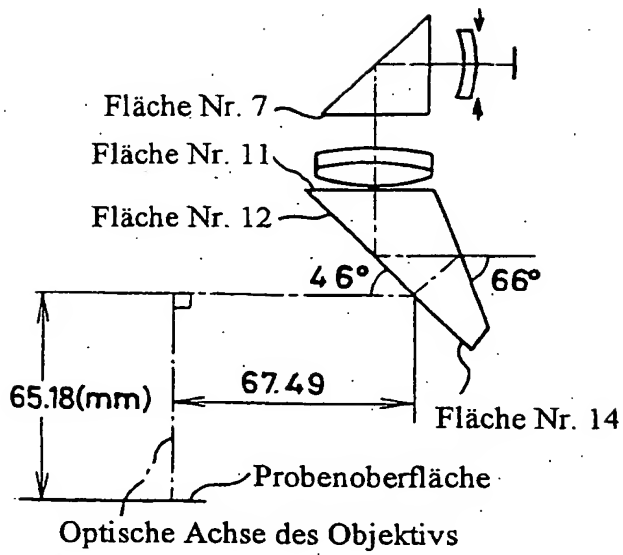
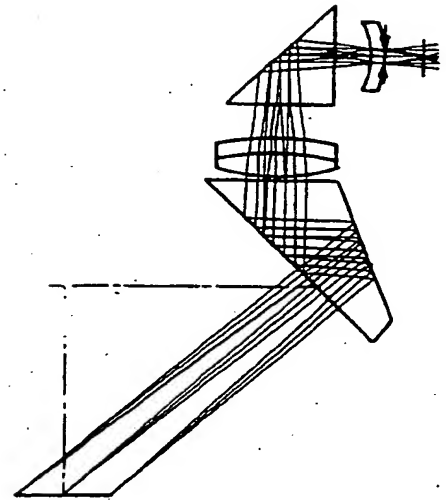


FIG. 29

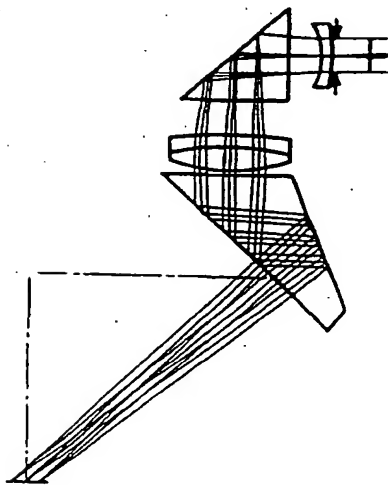
(Layout)



(Niedrigste Vergrößerung)



(Mittlere Vergrößerung)



(Größte Vergrößerung)

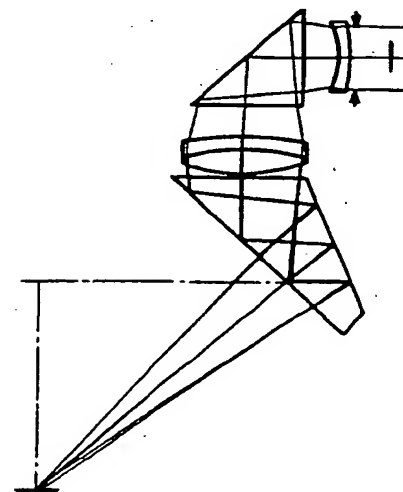


FIG. 30(a)

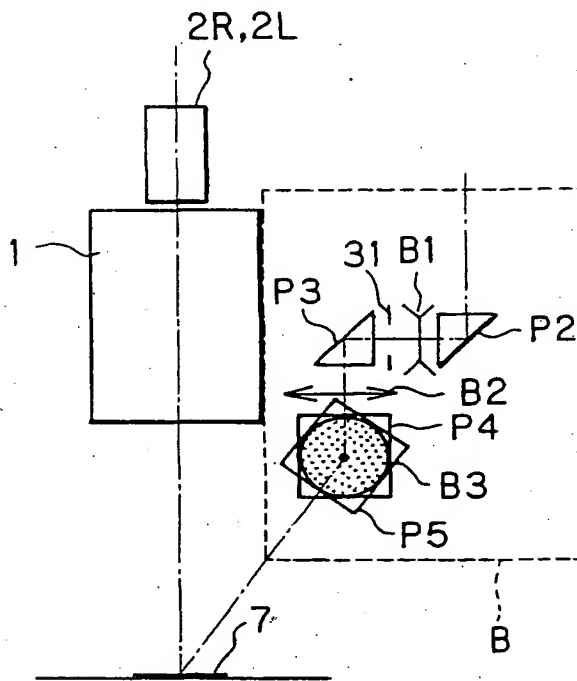


FIG. 30(b)

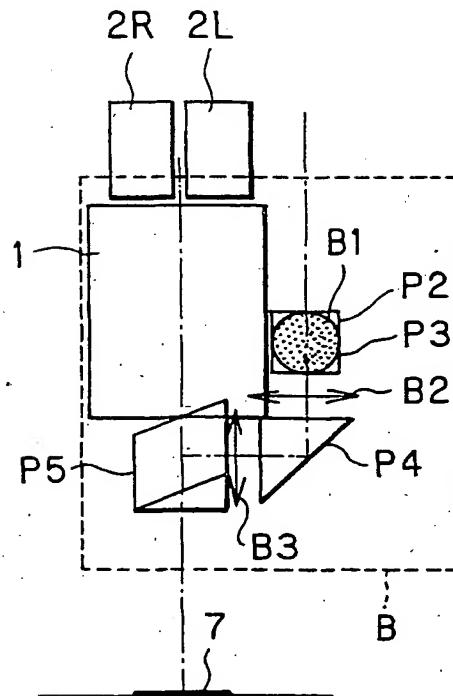


FIG. 30(c)

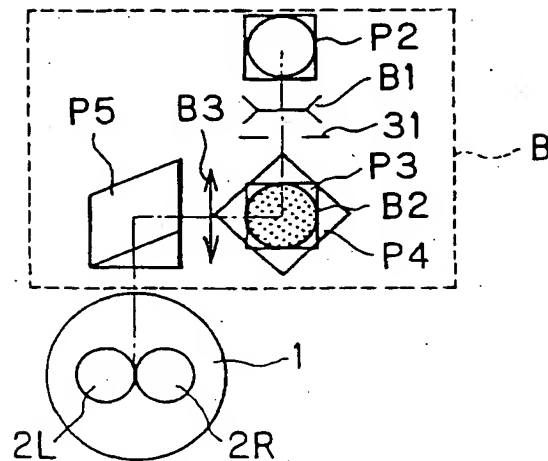


FIG. 31

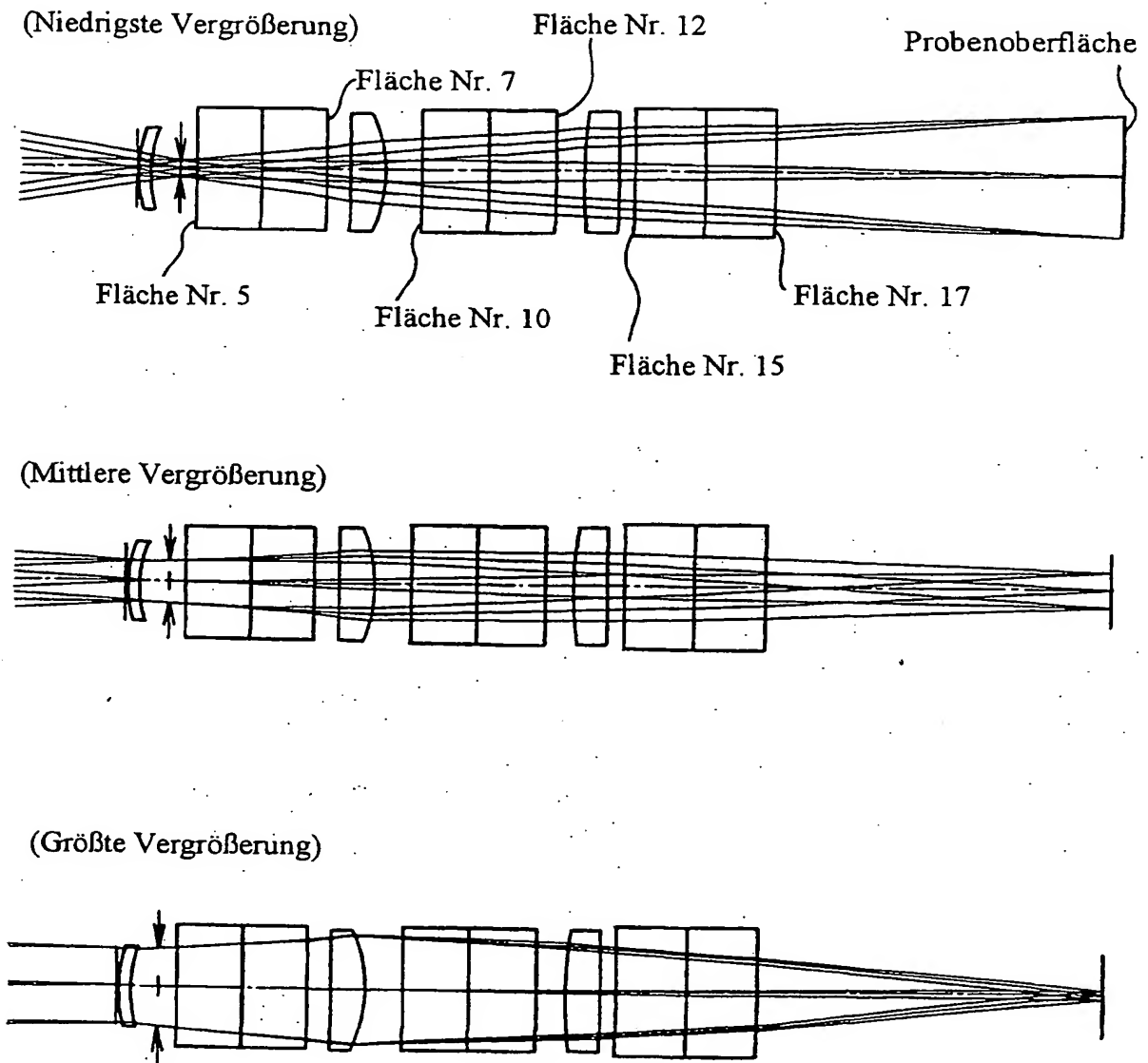


FIG. 32

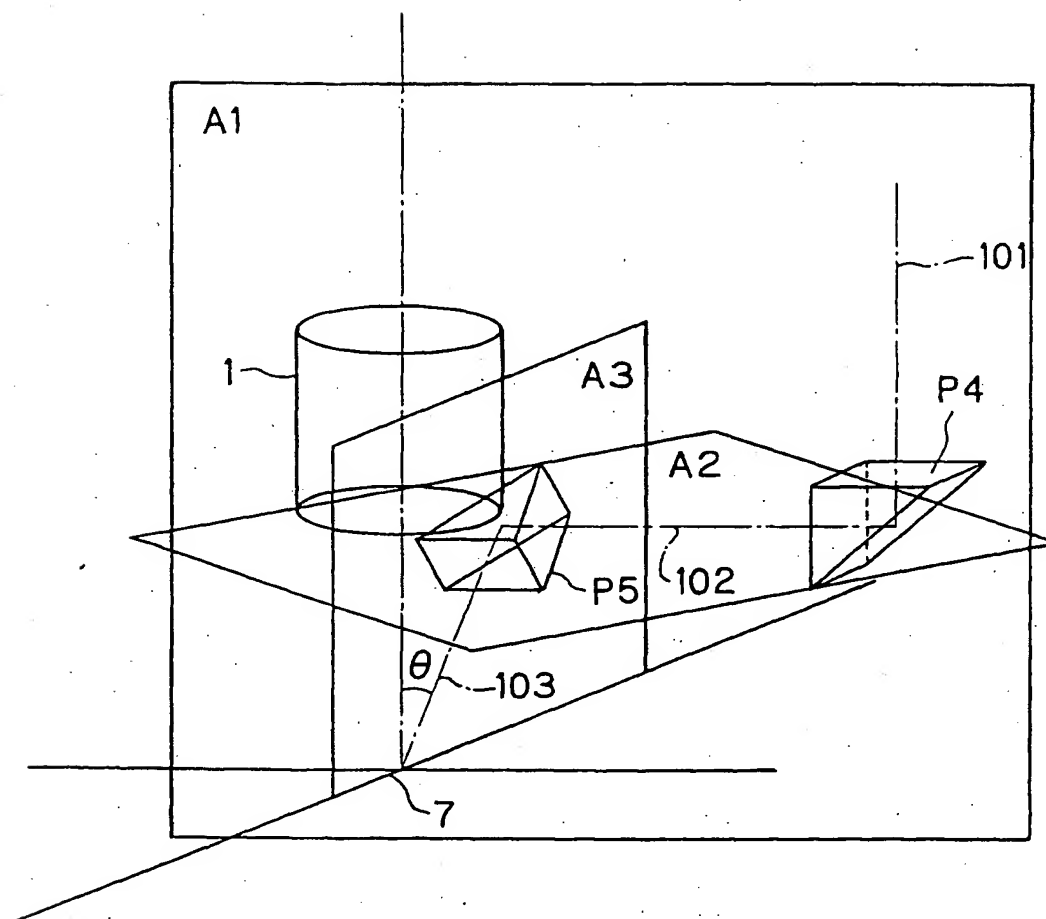


FIG. 33

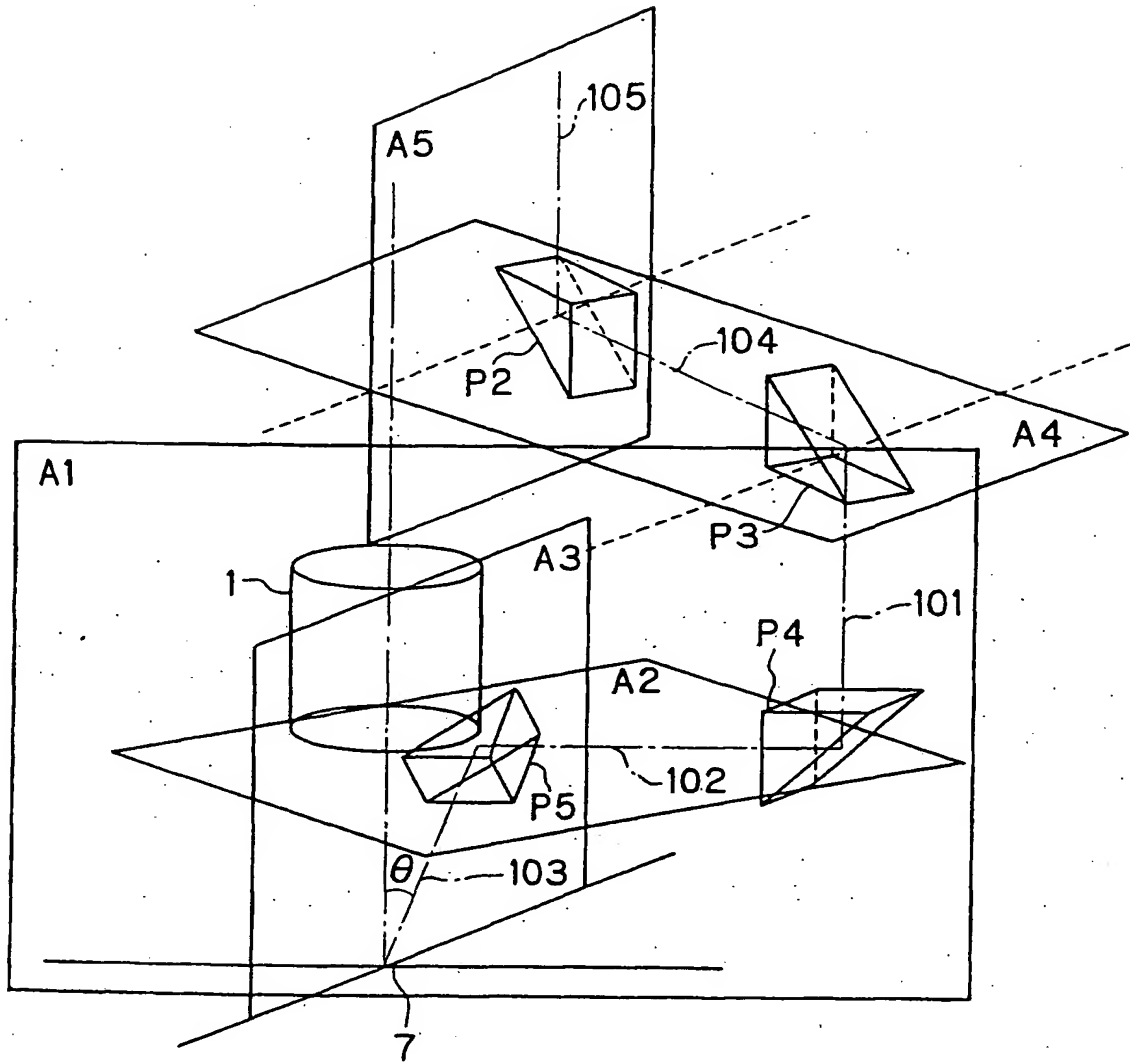


FIG. 34

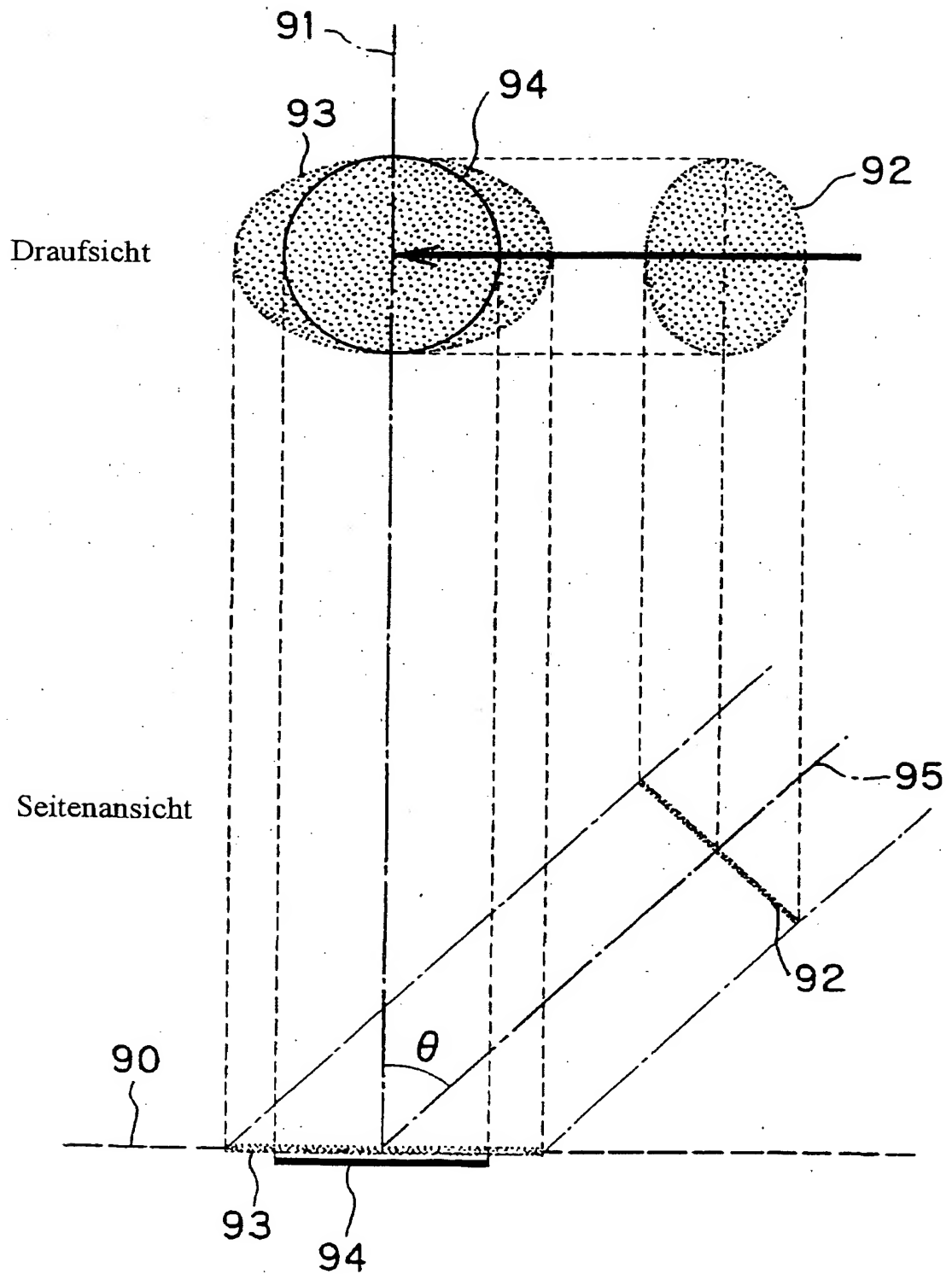


FIG. 35(a)

FIG. 35(b)

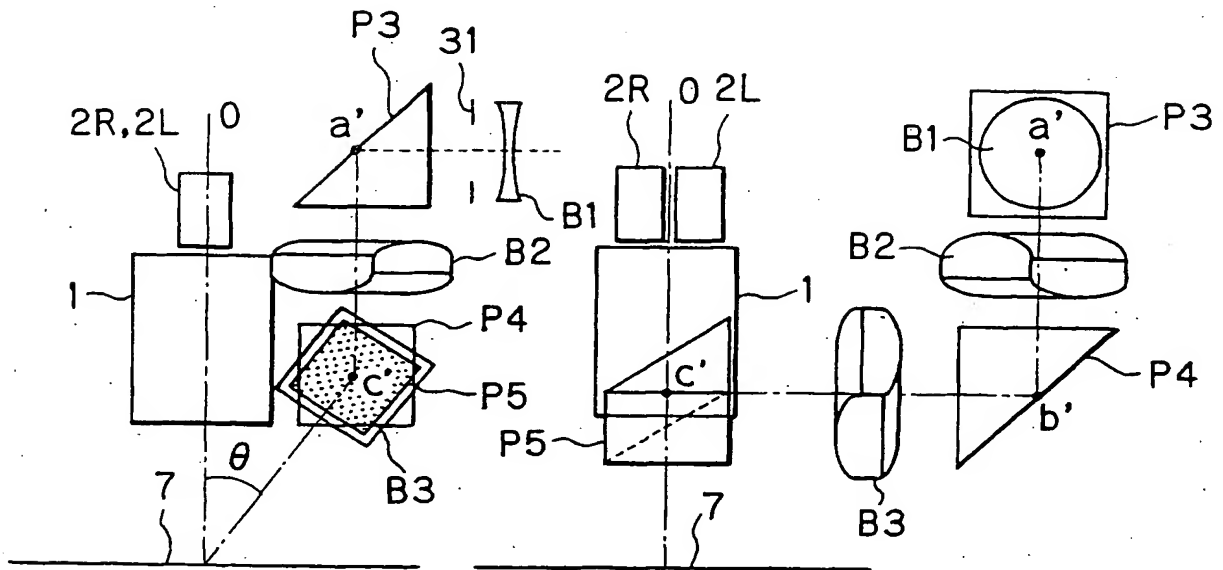


FIG. 35(c)

FIG. 35(d)

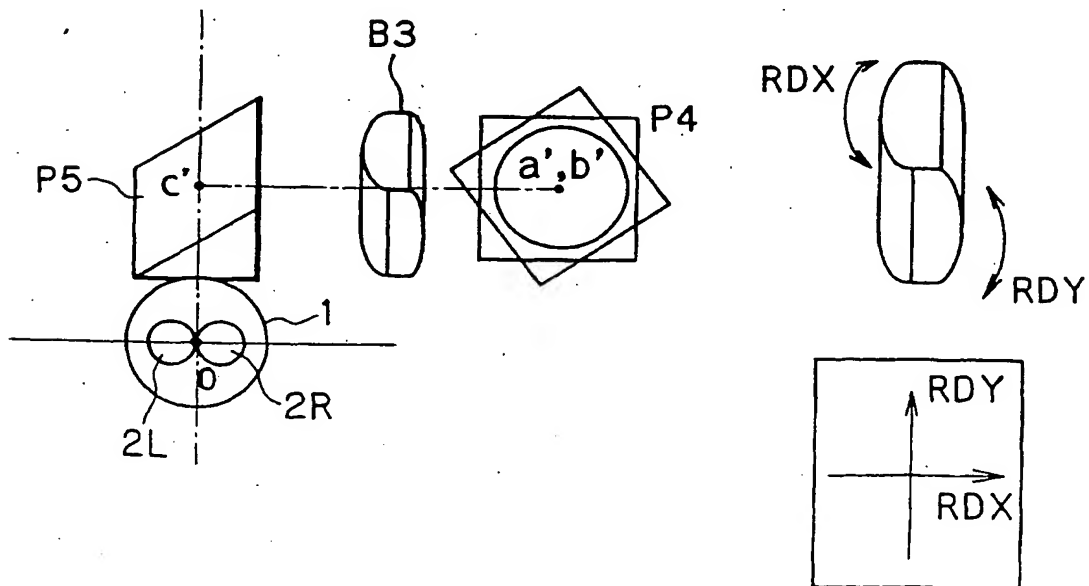


FIG. 36

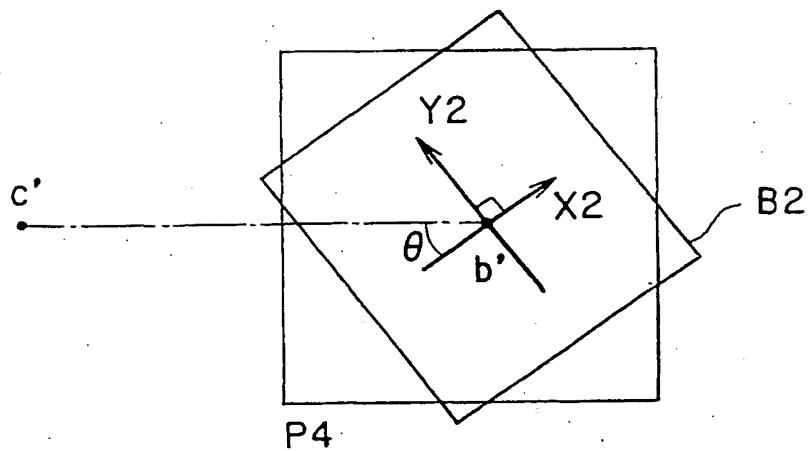


FIG. 37

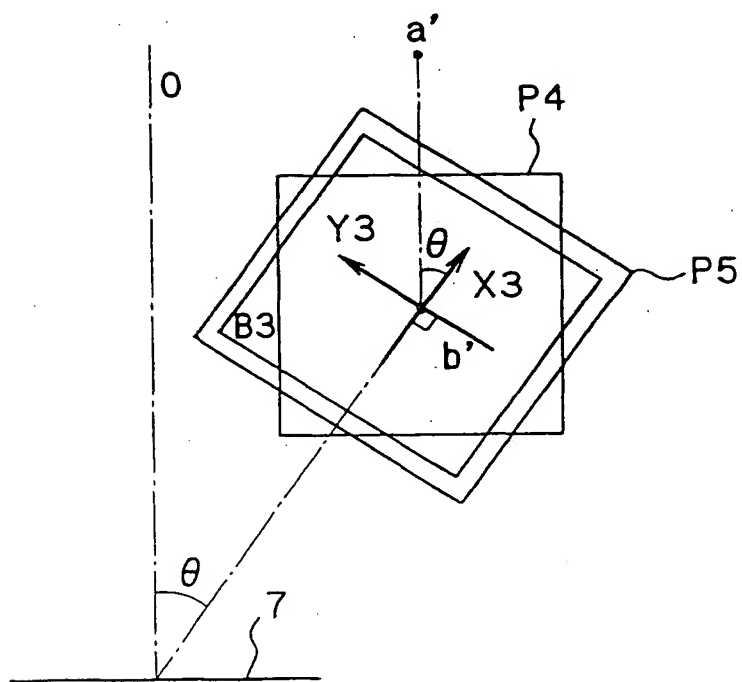


FIG. 38

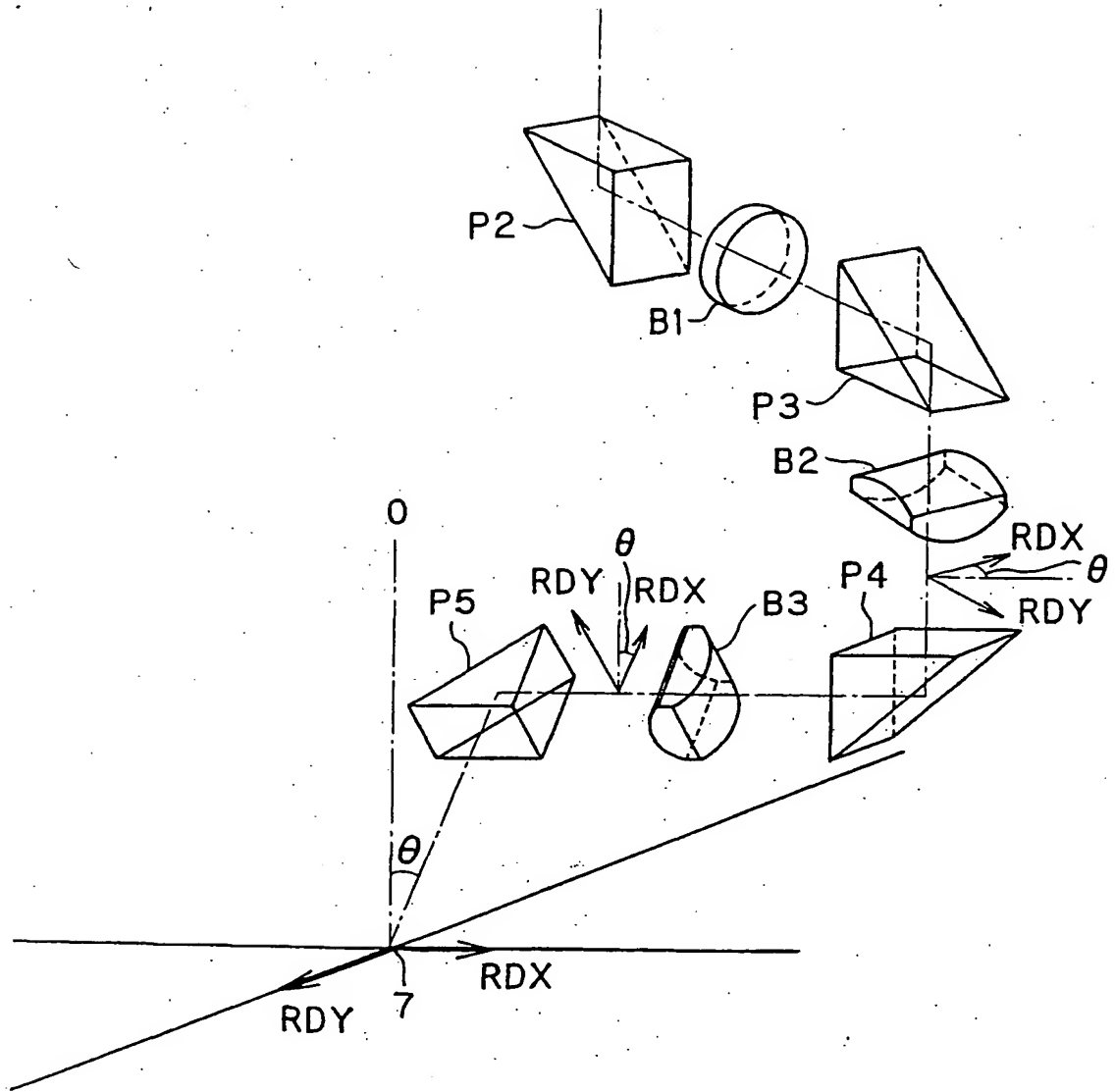


FIG. 39

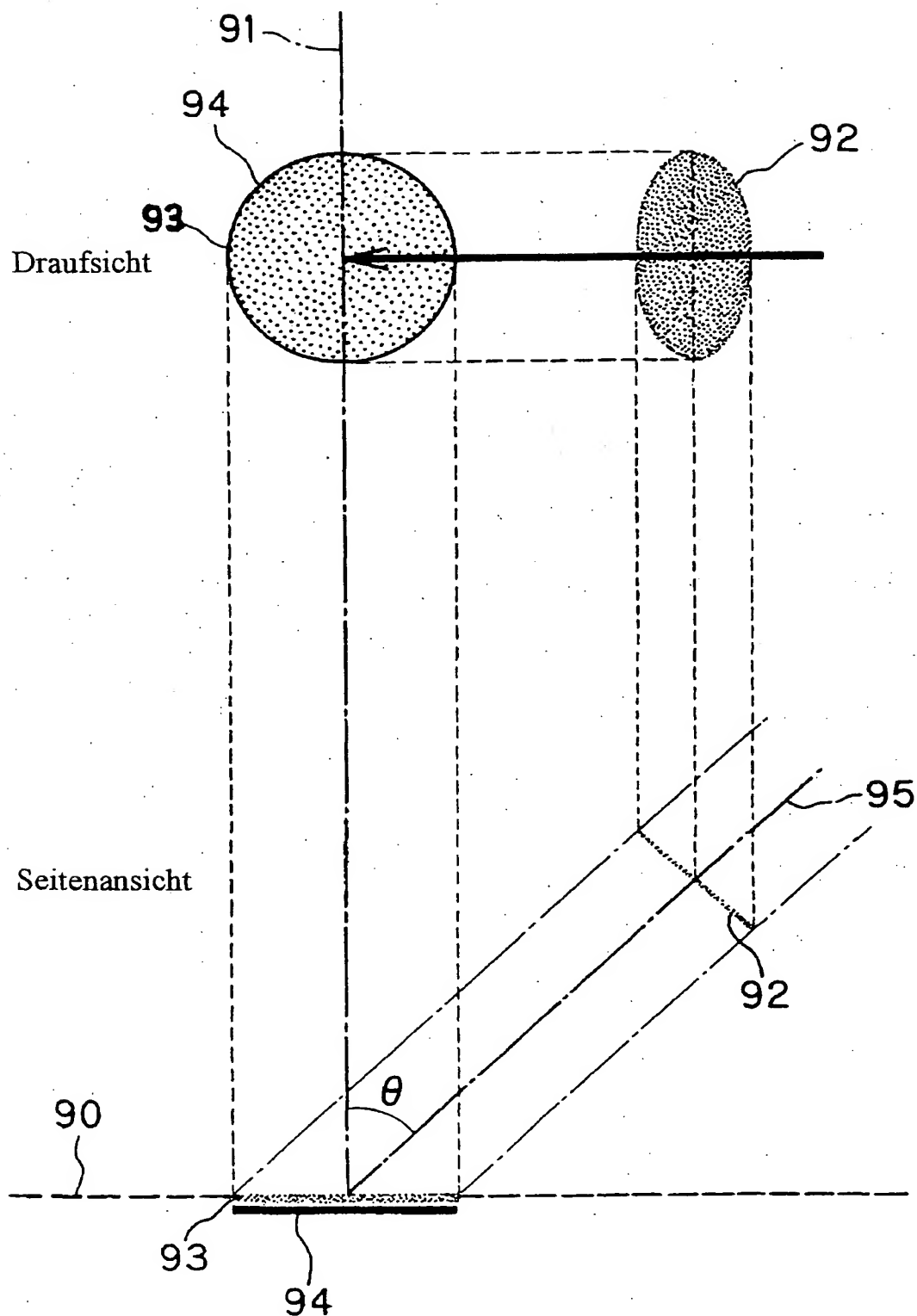


FIG. 40

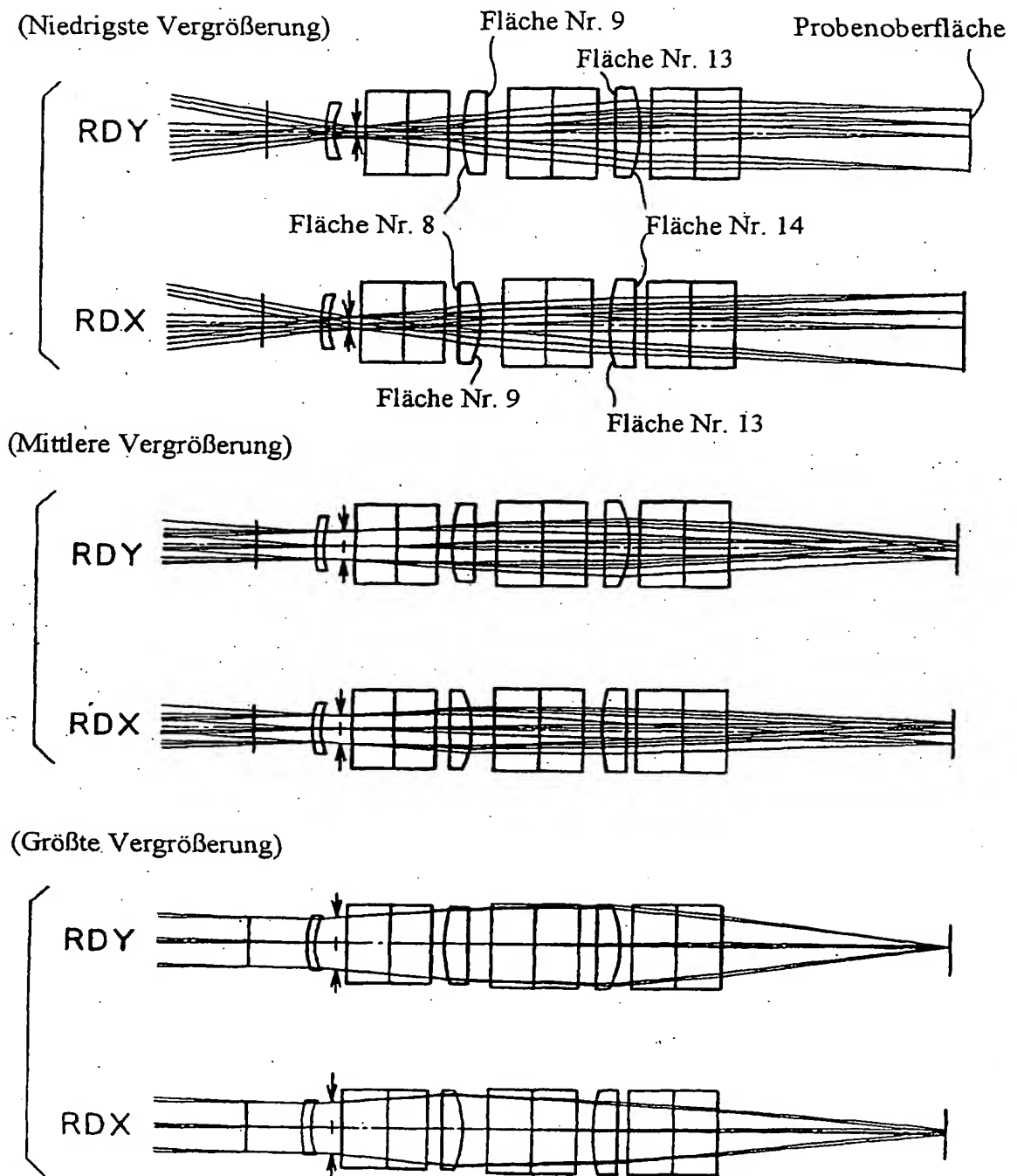


FIG. 41(a)

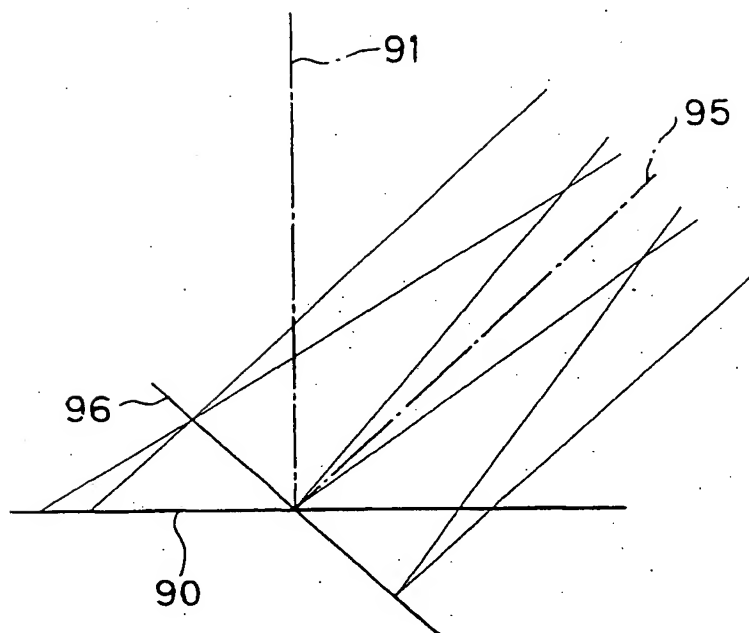


FIG. 41(b)

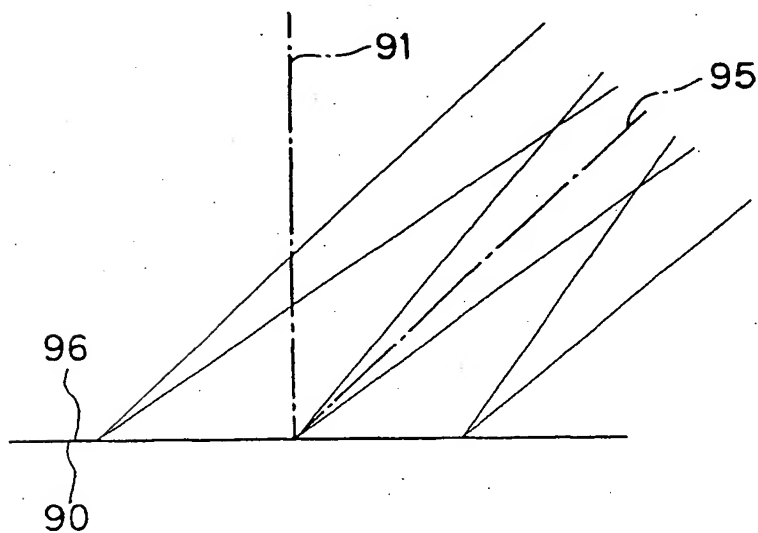


FIG. 43

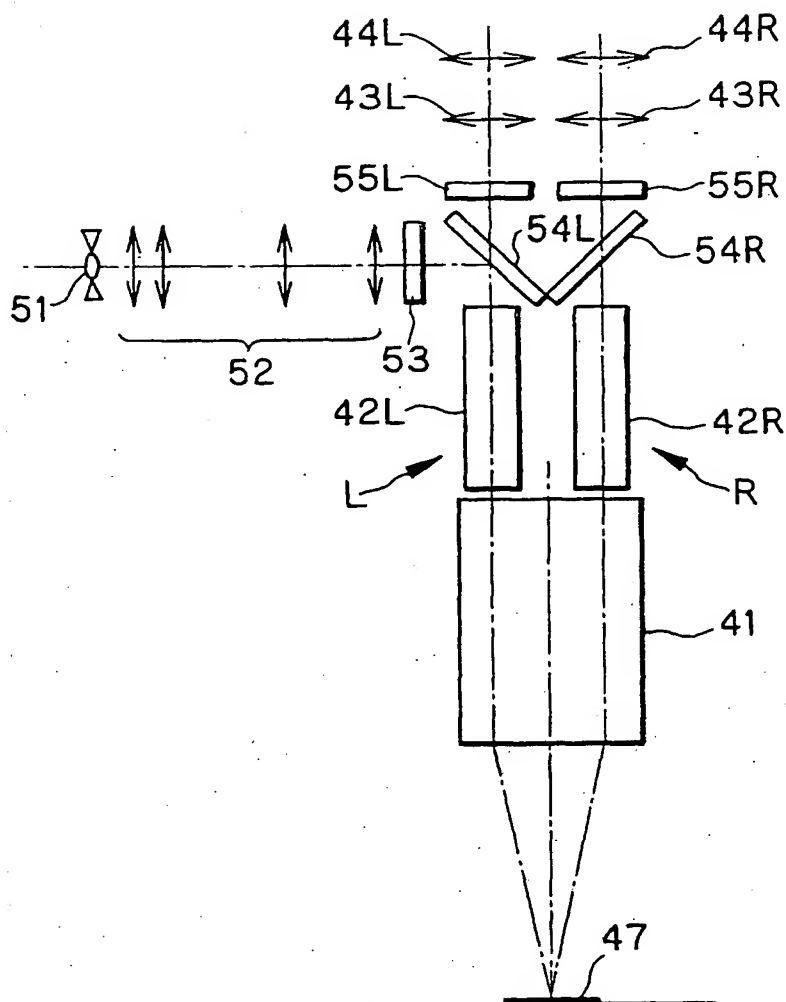


FIG. 44

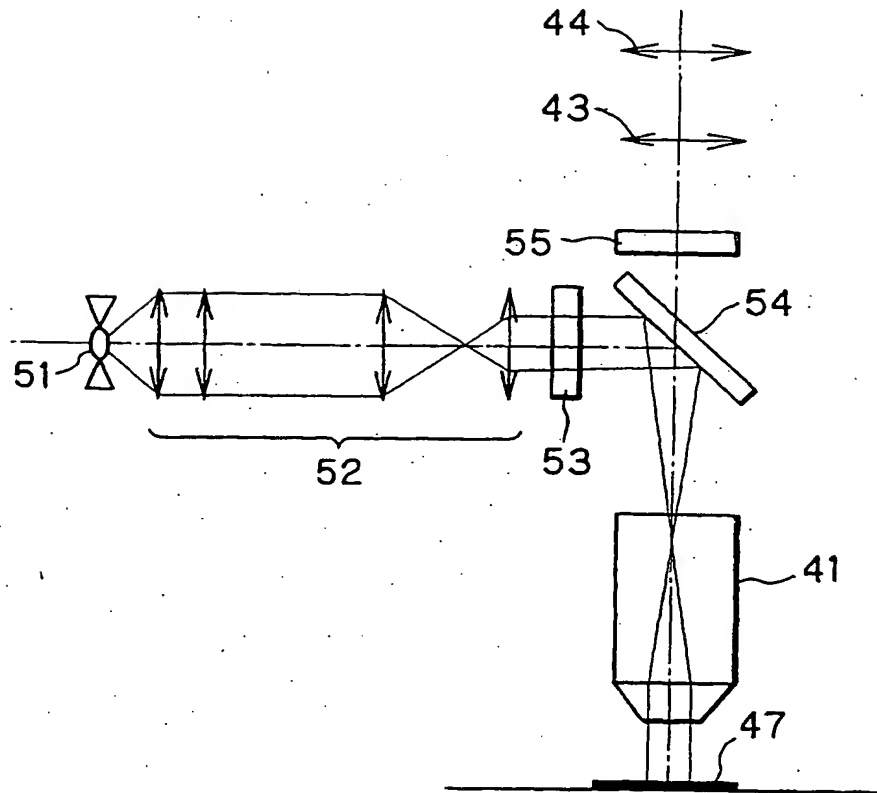


FIG. 45

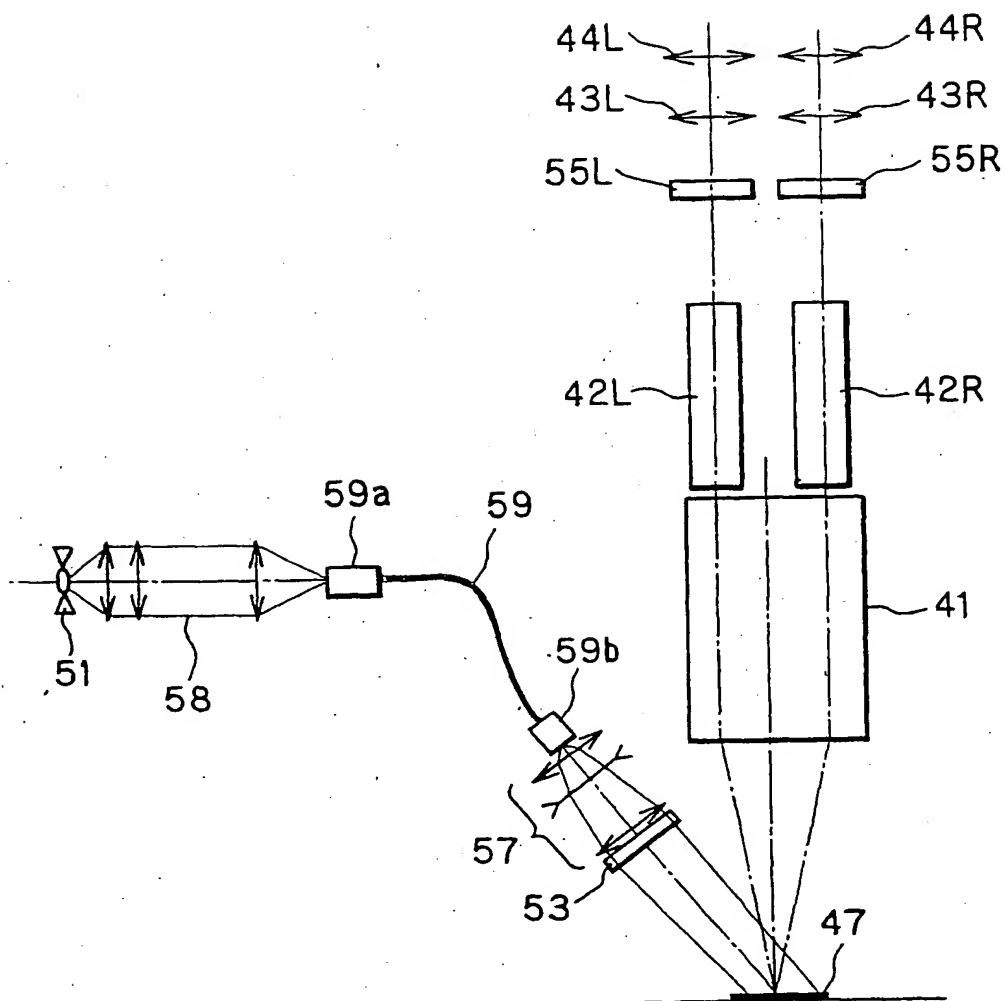


FIG. 46(a)

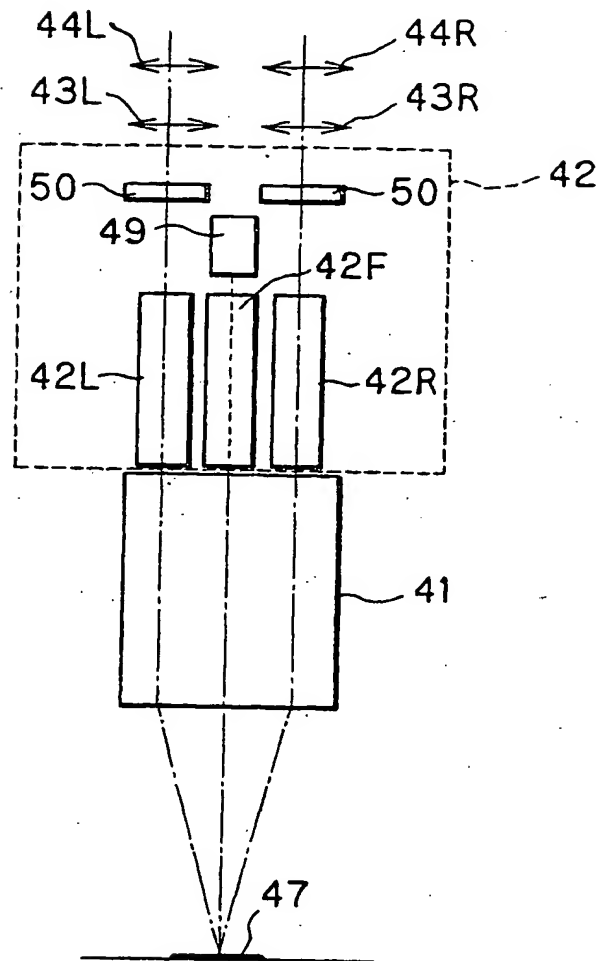


FIG. 46(b)

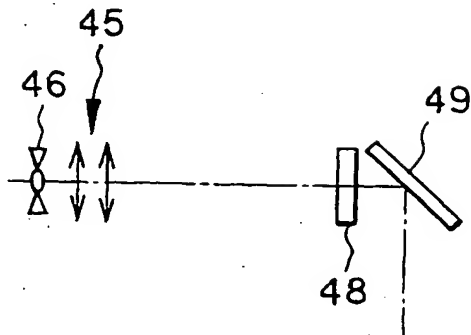


FIG. 46(c)

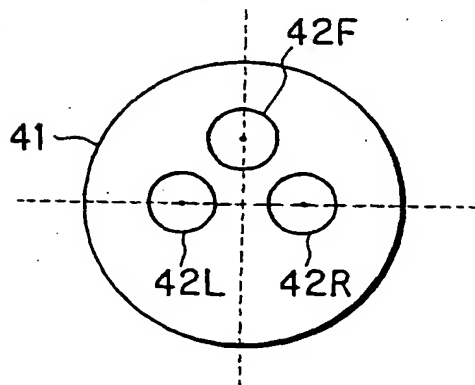


FIG. 47

